

EDITORIAL

CARTA DEL EDITOR

- 4 **Semana de ingeniería**

ARTICULOS

MATEMÁTICAS

- 5 **Métodos de escala en la física y biología**
S Terrazas, LL Alfaro, JE Chávez Pierce
- 16 **Implementación y análisis de un curso remedial de apoyo (precálculo) para estudiantes de nuevo ingreso a ingenierías de la UACJ**
JV Barrón López, J Estrada Cabral, O Ruiz Chávez, J Luna González, N Nieto Saldaña

SUSTENTABILIDAD

- 29 **Diseño de un prototipo para un micro - concentrador solar**
RA Valenzuela Nájera, J Rodarte Dávila, C Ponce Corral, N Ramírez Morales, J Romero González, JF Estrada Saldaña, H Garcés Guzmán
- 46 **Diseño de un sistema híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua**
C Ponce Corral, LA García Villalba, R Ñeco Caberta, RA Valenzuela
- 63 **Diseño y prototipo de una máquina trituradora de PET**
LA García Villalba, C Ponce Corral, EJ Martínez López, J León Ordaz

NUTRICIÓN

- 72 **Principales factores de riesgo cardiovascular en escolares**
G Medrano Donlucas, JA Acosta Favela, ME Ruiz Morales, JA Vargas Esquivel
- 81 **Malos hábitos alimentarios y falta de actividad física principales factores desencadenantes de sobrepeso y obesidad en los niños escolares**
JA Acosta Favela, G Medrano Donlucas, MG Duarte Ochoa, SR González Santana

BIOTECNOLOGÍA

- 91 **Diseño de prototipo de articulación glenohumeral artificial para la rehabilitación de extremidades superiores**
O Granillo Vargas, N Ramírez Morales, R Ñeco Caberta, LR Vidal Portilla

CÓMPUTO PARALELO

- 103 **Pulpo y la necesidad de un ambiente colaborativo para el estudio del cómputo paralelo en México**

Jl Hernández, Y El Hamzaoui, V Morales

EDUCACIÓN

- 116 **Análisis de uso de un juego didáctico para la enseñanza de matemáticas a nivel primaria**

L Flores, FJ Estrada, N Alba, J Molina

- 129 **Nivel de uso de la computadora de profesores de matemáticas certificados en línea**

J Hernández, J Royval Bustillos, R Saucedo Silva, V Barrón, Ó Ruiz Chávez, S Alonso López, JE Chávez Pierce

TECNOLOGÍA

- 144 **Prototipo de una máquina para la fabricación de piezas con geometrías en dos dimensiones**

JC Juárez, J Molina, D Cornejo, I Canales Valdivieso

- 152 **Diseño robusto de parámetros para el proceso de sellado de bolsas Tyvek® 1073b – PET en máquina de sellado continuo**

G Terán, N Alba, FJ Estrada, J Molina

- 164 **El uso de la tecnología ZigBee y el suministro del agua potable**

J Royval Bustillos, J Hernández, R Saucedo Silva, V Barrón, Ó Ruiz Chávez, S Alonso López

VETERINARIA

- 169 **Hembra poodle con diarrea frecuente**

VM Alonso Mendoza, B Alvarado Robles

- 175 **Importancia de la patología clínica veterinaria en el perfil de egreso del médico veterinario zootecnista bajo el enfoque de competencias**

B Alvarado Robles, VM Alonso Mendoza

- 180 **Temblor generalizado en un mastiff inglés**

VM Alonso Mendoza, B Alvarado Robles

- 185 **Comportamiento reproductivo y dinámica folicular en ovejas de pelo durante el año en el valle de Juárez**

JA Quintero-Elisea, HA Olguín-Arredondo, U Macías-Cruz, A Quezada-Casasola, F Pérez-Casio

MEDIO AMBIENTE

- 189 **Determinación de cadmio, cromo, plomo y arsénico en suelos superficiales urbanos de Ciudad Juárez, Chihuahua, México**

M Delgado Ríos, Y Rivera Orozco, J Torres Perez, A Corral Avitia, J Flores Margez, LE Santana Contreras

- 208 **Caracterización y capacidad de adsorción de la especie vegetal Larrea tridentata como adsorbente de color**

M Delgado Ríos, K Guzmán Muñoz, E Flores Tabizón, D Márquez, A Corral Avitia, LE Santana Contreras, J Romero González

Carta del Editor

Vigésima Semana de Ingeniería

Matemáticas, Nutrición, Sustentabilidad, Biotecnología, Veterinaria, Cómputo paralelo, Tecnología, y Medio Ambiente son los temas cubiertos en esta edición que se ofrecen para culminar con nuestra *XXava Semana de Ingeniería* en El Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Esperando que sean de su agrado.

Dr. Jaime Romero González
Editor Invitado y
Responsable del presente número.

Métodos de escala en la física y biología

Sergio Terrazas¹, Luis Leobardo Alfaro¹, Juan Ernesto Chávez Pierce¹

ESCALANDO LAS ALTURAS

¿Cuánto costaría construir una casa de tamaño doble de otra ya construida?

¿Qué tanto más rápido viajará un carro si la capacidad de su motor se triplica, y qué tanto más combustible quemará?

Si un reactor químico se reduce en tamaño a la mitad, ¿qué tanto más rápido tendrá lugar la reacción química?

Si una gacela adulta tiene cuatro veces el tamaño de su cría, ¿qué tanto más alto puede saltar y qué tanto más rápido puede correr?

Preguntas como éstas, acerca de la relación entre tamaño y una propiedad de interés (usualmente física), son cuestiones de escala. Estas cuestiones son frecuentemente difíciles de resolver, ya que involucran las interacciones de muchos mecanismos complejos, algunos de los cuales son entendidos de una manera imperfecta.

Cuando son importantes, como en economía e ingeniería, podría ser de vital importancia darles respuestas, aunque sean aproximadas.

El poder de la utilidad de los métodos de escala en que éstos pueden proveer los resultados aproximados deseados (aún si los mecanismos detallados son desconocidos) con un mínimo de esfuerzo analítico y numérico.

En casos simples, las relaciones físicas pueden ser conocidas, y entonces los métodos de escala pueden producir respuestas que son, en principio, exactas.

En otros casos, puede ser que se hayan hecho observaciones de algún fenómeno sobre un rango de escalas, y el objetivo es encontrar el mecanismo físico que ésta detrás de dichas observaciones.

Los métodos de escala pueden ser usados con frecuencia para rechazar inmediatamente varias hipótesis que no estén de acuerdo con las observaciones, pero que no pueden ser usados para escoger entre diferentes hipótesis que comparten el mismo comportamiento de escala. En resumen, los métodos de escala pueden, usualmente, proveer una poderosa penetración dentro de problemas difíciles, pero raramente dan una solución completa al problema.

En esta plática se pretende mostrar, al referirse a un número de diferentes sistemas físicos y biológicos, el poder, y también las limitaciones de algunas de las aplicaciones del método de escalas, incluyendo algo del trabajo que incluye a los fractales.

¹ Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Empezaremos, sin embargo, con un breve repaso de las ideas básicas.

SIMILITUD GEOMÉTRICA Y ESCALAMIENTO

La cantidad de piel en un par de zapatos es evidentemente el doble que en un solo zapato.

Una relación entre dos cantidades como estas, donde duplicar una cantidad (el número de zapatos) duplica la otra cantidad (la cantidad de piel), es llamada relación lineal, porque una gráfica de una cantidad contra la otra es una línea recta, y es el comportamiento de escala más simple, y probablemente el más común.

La pregunta de exactamente cuanta piel se requiere para cada zapato es mucho más difícil, y no puede ser contestada con ideas de escala solamente.

El escalamiento lineal se encuentra dentro del corazón de la trigonometría.

Si dos figuras geométricas son similares (tienen los mismos ángulos), entonces las longitudes de los lados de las dos figuras están relacionados linealmente.

Entonces, si un par de lados correspondientes tienen longitudes L y $3L$ respectivamente, entonces todos los pares de lados correspondientes están en la misma razón (1:3).

Una aplicación de este principio es que la longitud que la sombra que produce un poste es proporcional a la sombra que produce un edificio (figura 1).

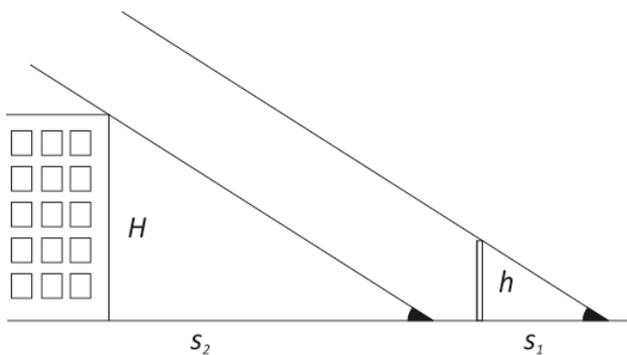


Figura 1. La longitud de la sombra un edificio (s_2) es proporcional a la longitud de la sombra de un poste (s_1).

Si se conoce que la altura de un poste es 6 m y se mide su sombra, digamos 10 m, y un edificio da una sombra de 100 m, 10 veces más larga que la del poste, entonces su altura será 10 veces más, es decir, 60 m.

La correspondencia de los dos ángulos de la figura es por supuesto crucial. La longitud de la sombra cambia con la posición del sol, así que las sombras deben medirse a la misma hora del día.

No todos los comportamientos de escala son lineales. El ejemplo no lineal más sencillo es posiblemente el del área.

Sabemos que el área de un triángulo es $A = (1/2)base \times altura$. Si la base y la altura de un triángulo son 5 veces más grandes que las del otro, su área será 25 veces más grande (figura 2).

Este es un ejemplo del principio general de que, para las figuras geométricamente similares cuyas longitudes se escalan como n , sus áreas se escalan como n^2 .

La misma idea de escala determina las unidades en la cual se mide el área.

Si la unidad de longitud es el metro, la unidad del área será el metro-cuadrado (m^2).

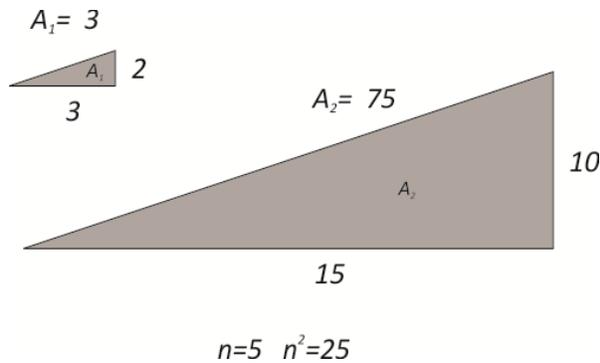


Figura 2. Las áreas de dos triángulos cuyos lados correspondientes son n veces más grandes el uno del otro, son n^2 veces más grandes el uno del otro.

cilindro para saber esta proporción).

Una vieja anécdota que involucra las ideas de escalamiento geométrico concierne a una fábrica de cerillos, que decidió un día producir cajas de cerillos cuyas dimensiones eran 50 % más grandes que las de sus competidores. Después de algunos meses llegaron cientos de reclamos de los clientes. ¿Porqué? (Sugerencia: piense en el nuevo volumen de la caja y la nueva área de la franja de fricción).

ANÁLISIS DIMENSIONAL EN FÍSICA

El escalamiento geométrico simple puede proveer resultados de una gran generalidad y poder cuando es combinado con leyes físicas.

Hemos visto, por ejemplo, que el volumen de un sólido (o líquido) de tamaño lineal L , se escala como L^3 .

Si el material es de densidad uniforme, entonces, puesto que $masa = densidad \times volumen$, la masa (y por lo tanto el peso) del material se escala como L^3 .

De manera general, si el patrón de variación de densidad entre piezas geoméricamente similares es el mismo, entonces sus masas se escalan como L^3 .

Como ejemplo, si un árbol es 10 veces más alto que un retoño, y son geoméricamente similares, el peso que debe soportar su tronco es 1000 veces más grande.

Para un cuerpo de masa m en movimiento, también podemos escalar su energía cinética y su momento. Si está moviéndose con una rapidez v , entonces su energía $E = (1/2)mv^2$ y su momento lineal $P = mv$ son proporcionales a su masa m , y por lo tanto se escalan como L^3 .

Así que si la relación entre las cantidades físicas es conocida, se puede conocer de inmediato su comportamiento a escala.

Pero aún si las leyes físicas no son conocidas con precisión, las ideas de escalamiento pueden producir atajos dramáticos para identificarlas.

Si cambiamos la unidad de longitud a centímetro (cien veces más pequeño) entonces la unidad para el área será el cm^2 (10,000 veces más pequeño).

En general, si la unidad de longitud es escrita como $[L]$, entonces para el área será escrita como $[L^2]$. De la misma manera, el volumen será escrito como $[L^3]$.

Entonces, si el radio y la altura de un tanque cilíndrico son duplicadas, el total del volumen de agua requerido para llenarlo se incrementará por un factor de $2^3 = 8$ (no se necesita saber la fórmula para el volumen del

Hay dos principios por debajo de este método de análisis dimensional:

- (1) El establecimiento de una relación física no depende del sistema de unidades que se utilicen en particular.
- (2) Las unidades de masa [M], longitud [L], y tiempo [T] son fundamentales, en el sentido de que ninguna de ellas puede ser escrito en términos de otras.

El primer principio puede ser ilustrado con la fórmula para la energía cinética

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

en unidades *cgs*, la masa es medida en gramos, la rapidez en centímetros por segundo y la unidad de energía es el erg donde

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ g cm}^2 \text{ s}^{-2}$$

En el sistema internacional (*SI*), la unidad de energía es el joule donde

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} = 10^7 \text{ erg}$$

En general, la unidad de energía es $[M][L^2][T^{-2}]$, o también escribimos la unidad de energía como ML^2T^{-2} .

Cuando un número de cantidades cuyas unidades son conocidas y que se supone que entran en una relación física, pero se desconoce su relación precisa, los principios mencionados pueden muy seguido dar un atajo al escalamiento en la respuesta.

Consideren, por ejemplo, un cuerpo de densidad uniforme ρ y tamaño lineal L , viajando con una rapidez v .

Si sabemos que su energía tiene dimensiones ML^2T^{-2} , y hacemos una hipótesis inteligente de que su energía depende únicamente de la densidad ρ (dimensiones ML^{-3}), tamaño lineal (dimensión L), y rapidez v (LT^{-1}), entonces podemos escribir

$$\text{Energía} = k\rho^x L^y v^z$$

donde k, x, y , y z son números desconocidos sin dimensión.

En términos de las unidades del problema, tenemos,

$$ML^2T^{-2} = k(ML^{-3})^x(L)^y(LT^{-1})^z$$

y puesto que las unidades M , L , y T son fundamentales, podemos igualar las potencias de M , L , y T en ambos lados, para obtener

$$\begin{aligned} 1 &= x \\ 2 &= -3x + y + z \end{aligned}$$

$$-2 = -z$$

donde $x = 1$, $y = 3$, y $z = 2$. Finalmente tenemos

$$\text{Energía} = k\rho L^3 v^2$$

Por lo anterior, se derivó el resultado de que la energía cinética se escala como L^3 , aunque la constante de proporcionalidad k (que es $1/2$) no pudo ser obtenida por este método. En el análisis anterior sabíamos la respuesta por adelantado, pero hay muchos otros casos en los que hay que determinar el valor de k .

Esta técnica es utilizada con frecuencia para analizar, por ejemplo, el flujo de fluidos.

Las propiedades relevantes de un fluido para determinar la fuerza de fricción, o la fuerza de arrastre aerodinámica o hidrodinámica sobre un obstáculo (el viento sobre un edificio o el agua sobre un submarino) son, la densidad del fluido ρ (puesto que cuanto más “pesado” sea el fluido que hay que “empujar” fuera del camino, mayor será el arrastre) y la viscosidad μ . La viscosidad es una medida de que tan “pegajoso” es el fluido (alta para la miel y baja para el aire) y determina las fuerzas de fricción entre capas de fluido deslizantes.

Cuando una hoja de papel se desliza sobre una mesa sobre un colchón de aire de grosor d , digamos, la fuerza de fricción experimentada por la hoja de papel, se encuentra experimentalmente, es directamente proporcional a la viscosidad del aire y al área y rapidez del papel, pero inversamente proporcional a la d (entre más delgado sea el colchón de aire, más grande la fuerza de fricción). Puesto que la fuerza tiene dimensiones MLT^{-2} , se obtiene por el método del ejemplo anterior que la viscosidad tiene dimensiones de $ML^{-1}T^{-1}$.

Consideremos entonces el problema de diseño de cómo el arrastre aerodinámico sobre un automóvil de un tamaño dado, moviéndose con rapidez v se escala con su dimensión lineal L .

Si suponemos que a altas velocidades, la viscosidad del aire es irrelevante, entonces la fuerza de arrastre puede depender únicamente de su dimensión lineal L , la rapidez v y la densidad del aire ρ .

Entonces la única ley de fuerza dimensionalmente consistente, de la forma

$$\text{Arrastre} = k\rho L^2 v^2$$

El coeficiente de arrastre k no está determinado, y es de hecho mucho muy difícil de calcular para una silueta dada del automóvil, pero el resultado que el arrastre se escala como L^2 es inmediato.

Los fabricantes de automóviles hacen su publicidad de que mediante un diseño especial, el coeficiente de arrastre del auto es muy bajo (alrededor de 0.3).

Enseguida, consideremos el arrastre sobre un pequeño balón de balero lanzado hacia un bote grande lleno de un aceite muy viscoso. Los métodos de escala muestran que la única ley de fuerza posible es

$$\text{Arrastre} = k\mu vL$$

en este caso, un cálculo detallado, que involucra la solución de una ecuación diferencial parcial, arroja k como 6π , un resultado conocido como ley de Stokes.

Debido a que hay tres unidades mecánicas fundamentales, el procedimiento del análisis dimensional descrito será exitoso, en general, únicamente cuando la variable dependiente (digamos, la energía) depende de las tres, o menos, variables independientes, porque entonces tendremos tres ecuaciones en tres incógnitas (x, y, z).

Sin embargo, comúnmente, no nos encontramos en esta afortunada posición: seguido hay cuatro o más variables que tenemos que tomar en cuenta.

Un ejemplo que comúnmente se ve a la ligera en los libros de texto es el llamado “péndulo simple” (figura 3).

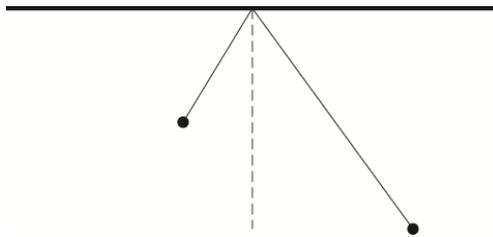


Figura 3. Péndulo simple.

así que escribiríamos

$$P = kL^x m^y a^z g^u$$

entonces, igualando potencias de M, L, y T encontramos que

$$\begin{aligned} 0 &= y \\ 0 &= x + u + z \\ 1 &= -2u \end{aligned}$$

obteniendo

$$\begin{aligned} u &= -\frac{1}{2} \\ y &= 0 \\ x + z &= \frac{1}{2} \end{aligned}$$

entonces vemos que las variables x, z no pueden ser determinadas de manera única.

Nuestra ley de escalamiento es entonces

$$P = k \left(\frac{L}{g}\right)^{1/2} \left(\frac{a}{L}\right)^z$$

Puesto que cualquier valor de z cumple con el análisis, podemos escribir este resultado en una forma más general, como

$$P = k \left(\frac{L}{g}\right)^{1/2} \times \text{función de } \left(\frac{a}{L}\right)$$

en la cual esta función no puede ser determinada por los métodos de escala.

A primera vista, parece que el método ha fallado. No hemos sido capaces de desembrollar completamente la dependencia de P en L porque la amplitud a todavía aparece. Sin embargo, sí podemos concluir, que para un ángulo máximo de oscilación, a/L fijo, P se escala como $L^{1/2}$

Más aún, aunque nuestra solución no es completa, todavía representa un avance mayor, en que ha reducido de tres (L , m , a), a una, a/L , el número de variables independientes que necesitamos considerar (g es efectivamente constante)

Entonces, como en un experimento que quiere medir P , usted no debería variar m , L y a separadamente, sino fijar L y m y variar a . Entonces usted mediría la función de a/L y deducir P para todas las opciones de L y m .

Similarmente, el trabajo computacional ha sido reducido mucho.

Si el periodo puede ser calculado para todos los valores del ángulo, es decir, todos los valores posibles del grupo adimensional (a/L), entonces la solución completa es ya conocida.

De hecho, para todo el rango disponible de 0 a 1 para a/L la función de a/L varía únicamente muy poco por ciento del valor 2π .

FRACTALES

Hemos visto que, mientras que las dimensiones lineales se escalan como L , las superficies se escalan como L^2 y los volúmenes como L^3 . También vimos cómo propiedades físicas, como el período del péndulo, se escalan como una potencia fraccional ($1/2$) de L .

Una pregunta natural (puramente matemática) es si pueden existir objetos geométricos cuya dimensión sea entre 1 y 2.

Un objeto más “denso” que una línea, pero “menos denso” que una superficie.

Sorprendentemente, es probable, tales objetos de dimensión fraccionaria (llamados fractales) pueden ser construidos.

Más sorprendentemente, estos objetos son en el presente el foco de mucha atención física.

Un ejemplo matemático simple de un fractal es el llamado “colador de Sierpinski” o también el “empaquete de Sierpinski” el cual mostramos enseguida, y que se construye como sigue:

Se bisecan los lados ABC de un triángulo equilátero y se remueve el triángulo central que se forma (figura 4).

Quedan tres triángulos más pequeños, como el AB'C', y a cada uno de estos se les quita el triángulo central para dar 9 triángulos todavía más pequeños (figura 5).

Cuando este proceso es llevado al infinito, queda una estructura muy “hilachienta” llena con una infinidad de agujeros (figuras 6 y 7).

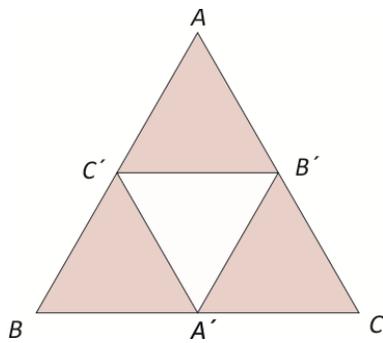


Figura 4. Colador de Sierpinski, primera iteración.

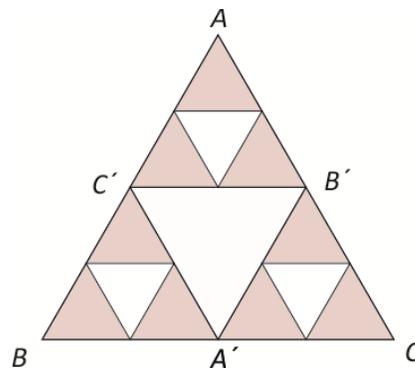


Figura 5. Colador de Sierpinski, segunda iteración.

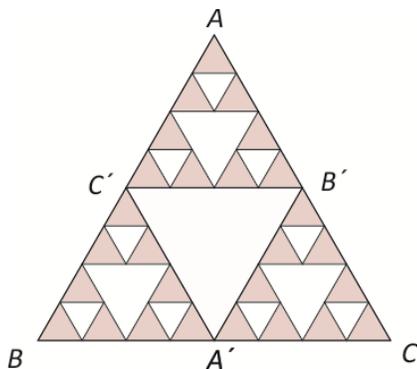


Figura 6. Colador de Sierpinski, tercera iteración.

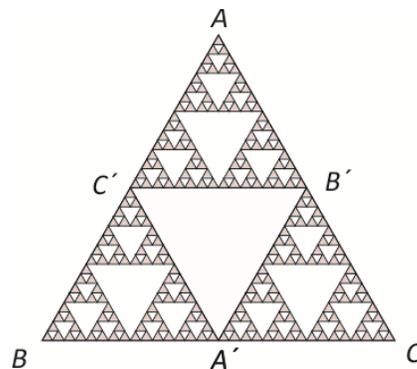


Figura 7. Colador de Sierpinski, cuarta iteración.

La estructura que queda es auto similar, en el sentido de que el triángulo AB'C' se ve idéntico con el triángulo original ABC, y esta similaridad estructural se repite a escalas cada vez más pequeñas de longitud.

Suponiendo que fuera posible construir tal empaque, hecho de una hoja de metal de densidad y grosor uniformes, ¿cómo se escalaría su peso con L ?

El peso es proporcional al área del empaque, así que si no hubiera agujeros sería proporcional al área del triángulo y se escalaría como L^2 .

Con los agujeros, el peso de ABC es sólo tres veces el peso de $AB'C'$. Si asumimos tentativamente que

$$W = kL^d$$

para alguna constante d , la “dimensión fraccional” del empaque (de lado L), entonces, puesto que $AB'C'$ es un triángulo similar de lado $L/2$, debemos tener que

$$W = kL^d = 3k\left(\frac{L}{2}\right)^d$$

de donde obtenemos que

$$2^d = 3, \Rightarrow d = \frac{\ln 3}{\ln 2} \approx 1.58$$

Entonces este es un objeto de dimensión no sólo no entera, sino irracional.

Operaciones similares, de “hacer agujeros” nos permiten construir objetos con dimensiones entre 0 y 1 (cortando porciones de una línea) o de dimensiones entre 2 y 3 (haciendo agujeros en un sólido).

Estructuras raras como estas no pueden ser caracterizadas por una sola escala de longitud L : ellas tienen estructura a todas las escalas de longitud menores a L .

¿Tienen estas estructuras aparentemente abstractas algún paralelo en la naturaleza?

Consideremos la tarea (aparentemente razonable a primera vista) de medir la costa de algún país.

Podemos imaginarnos a un diligente geógrafo haciendo un mapa en escala 1:10,000 midiendo la costa con una regla de un metro.

Desafortunadamente, sin embargo, esto no producirá la “verdadera respuesta”, porque las pequeñas entradas en la costa no aparecerían en ese mapa.

Un mapa con resolución mayor ciertamente daría un resultado mayor.

Un observador cuidadoso en la playa encontraría detalles todavía más finos, como rocas individuales, y ultimadamente granos de arena, y llegaría a una estimación todavía mayor de la longitud de la costa.

En resumen, la respuesta dependería de la escala de longitud de resolución escogida, y es esta presencia de estructura a todas las escalas, que es una característica cualitativa de todas las estructuras fractales.

Los fractales han sido vistos cuantitativamente, y sus dimensiones fractales medidas, para un número de procesos de agregación.

Pequeñas partículas suspendidas en un fluido son constantemente golpeadas por el constante movimiento aleatorio de las moléculas del fluido (movimiento Browniano) y ocasionalmente chocan entre ellas.

Si las fuerzas de atracción entre ellas quedan unidas y forman un agregado, el cual después agrega más partículas conforme transcurre el tiempo, cada una pegándose a lo que es en ese instante la superficie exterior del agregado.

Este proceso de agregación limitada por difusión (diffusion-limited aggregation) resulta característicamente en la formación de grandes cúmulos (clusters) abiertos, llenos de agujeros, con una dimensión fractal de alrededor de 1.7.

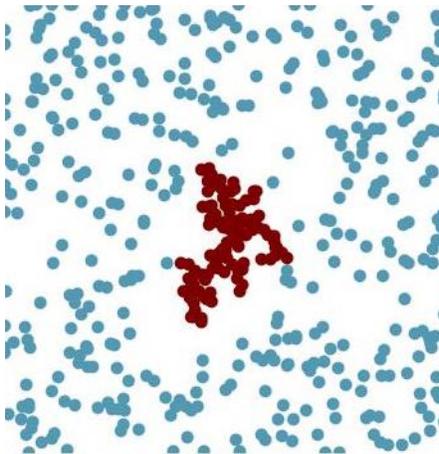


Figura 8. Agregación limitada por difusión (diffusion-limited aggregation), Hiroki Sayama, Wolfram Demonstrations Project.

Estructuras fractales similares han sido vistas en fenómenos tan diversos como relámpagos eléctricos, electroquímica y polímeros.

Un caso de interés económico es la extracción de petróleo. El petróleo está atrapado a veces en intersticios dentro de rocas porosas.

La geometría de estas distribuciones porosas demasiado compleja, pero también se ajusta a una estructura fractal sobre una amplia gama de escalas de longitud.

La tarea de examinar la dinámica del petróleo atrapado, y por lo tanto la comparación de la eficiencia relativa de diferentes técnicas de extracción es objeto de mucha investigación.

CONCLUSIÓN

Enfrentado con el análisis de un problema nuevo, o no muy familiar, el científico o el ingeniero prudente buscarán identificar los ingredientes físicos importantes que necesita incorporar en cualquier modelo matemático.

Hemos visto cómo el proceso de investigar el comportamiento de escala, junto con el análisis dimensional, provee el requerido “se me hace que” y la complejidad de los cálculos y la falta de datos usualmente significan en la práctica que un análisis complejo no se justifica.

REFERENCIAS

Institute of Mathematics and its applications (S.F.). *New applications of Mathematics*. En: <http://www.ima.org.uk/>.

Wolfram Demonstrations Project (S.F.). *Diffusion-Limited Aggregation: A Real-Time Agent-Based Simulation*. En: <http://demonstrations.wolfram.com/DiffusionLimitedAggregationARealTimeAgentBasedSimulation/>.

Implementación y análisis de un curso remedial de apoyo (precálculo) para estudiantes de nuevo ingreso a ingenierías de la UACJ

José Valente Barrón López¹, Jesús Estrada Cabral¹, Óscar Ruiz Chávez¹, Juan Luna González¹,
Natividad Nieto Saldaña¹

Resumen

La Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) ofrece en el Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) 14 diferentes licenciaturas. Los espacios para el ingreso a las mismas se han incrementado sustancialmente en los últimos 4 años. Los resultados obtenidos por los aspirantes en el examen de ingreso, particularmente en el área de matemáticas han estado disminuyendo, por consecuencia los índices de reprobación y deserción de estudiantes en los primeros semestres han incrementado. En el semestre Enero-Junio del 2014 se diseñó e impartió, por primera vez, un curso de nivelación-apoyo de precálculo a los 100 alumnos de nuevo ingreso que obtuvieron menor puntuación en el examen de ingreso, en el área de matemáticas. Lo mismo se hizo para el semestre Agosto-Diciembre del 2014. Al principio del curso se les aplicó un examen de entrada y al final del mismo, un examen de salida (mismo examen) y una encuesta de satisfacción para alumnos y maestros que impartieron el curso. En este artículo y con la finalidad de retroalimentar las acciones correctivas a la reprobación y deserción se muestra un estudio comparativo de los resultados obtenidos en dichos exámenes y encuestas, también se verificó el desempeño académico de estos alumnos en las materias de física y matemáticas de su primer semestre como universitarios, además de diversos aspectos del curso.

Palabras clave: Nuevo ingreso, precálculo, examen de salida, examen de entrada.

Introducción

“Semestre a semestre nuevos alumnos ingresan a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Estos alumnos son producto de diversas preparatorias, principalmente de Ciudad Juárez, que incluyen en su plan de estudio la asignatura de matemáticas, cursando: Álgebra elemental, geometría, trigonometría, geometría analítica, cálculo diferencial y algunas cálculo integral o probabilidad y estadística. Más con la finalidad de disminuir la reprobación, que de mejorar los niveles de conocimiento, los programas de estudio y exigencias para acreditación de estas materias, se han estado modificando

en contenido y estructura. Pero la realidad es que los alumnos presentan cada vez más dificultades en el área de matemáticas.”(J. Valente Barrón, 2013)

La UACJ fundada en octubre de 1973, está formada por el Instituto de Arquitectura Diseño y Arte (IADA), el Instituto de Ciencias Biomédicas (ICB), el Instituto de Ciencias Sociales y Administración (ICSA), el Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT), la Ciudad Universitaria (CU), el campus de Nuevo Casas Grandes Chihuahua y el campus de Cuauhtémoc Chihuahua.

¹Departamento de Física y Matemáticas del IIT, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

La UACJ es una institución pública, autónoma, con la misión de crear, conservar y transmitir el conocimiento, con el propósito de formar profesionales competitivos a nivel nacional e internacional a través de programas educativos de calidad e investigación científica pertinente al entorno regional. Forma profesionales líderes, altamente calificados acorde a las exigencias del Mercado globalizado, con capacidades de asumir retos y responsabilidades en el campo laboral.

La población total estudiantil de la UACJ, al mes de Agosto del 2014 es de aproximadamente 27,000 alumnos, nunca, en toda la existencia de la UACJ, se había impartido un curso de nivelación a los alumnos de nuevo ingreso al IIT, hasta el semestre Enero-Junio del 2014.

Debido a las acentuadas observaciones de los docentes referidas a las

graves deficiencias matemáticas y a los altos índices de reprobación y deserción que los alumnos vienen presentando particularmente marcada y en crecimiento desde 2011 a la fecha, en el semestre Agosto-Diciembre del 2013, docentes y autoridades de la UACJ acordaron diseñar e impartir un curso de Precálculo obligatorio para los 100 alumnos de nuevo ingreso que menor puntuación tuvieron en el área de matemáticas del examen de ingreso para las diversas licenciaturas de ingeniería del IIT de la UACJ. Éste, como todos los cursos de nivelación, tienen por objeto la adquisición o afianzamiento de conocimientos en algunas materias básicas, las cuales se suponen comprendidas y cursadas con anterioridad a la entrada en la Universidad y que se consideran imprescindibles para un correcto seguimiento de los primeros cursos universitarios.

Metodología

A) PLANEACIÓN: En Septiembre del 2013 dieron inicio las reuniones de docentes asignados para el diseño de las medidas remediales. Se acordó que fuera un curso de precálculo con valor curricular de 6 créditos, que el estudiante podría integrar entre las materias optativas de su plan de estudios. Se elaboró la carta descriptiva con contenidos y estrategias de enseñanza. En Diciembre del mismo año se ofreció un curso a quienes serían los docentes del curso.

B) HORARIO: En Enero del 2014, basados en los resultados del examen de ingreso, se formaron 5 grupos, sumando un total de 100 alumnos a quienes se les agregó en su horario la materia propedéutica de Precálculo. Dado que el diseño de esta materia fue fundamentalmente para que

sirviera de apoyo a Álgebra, cálculo I y física I, en esta primera ocasión el curso empezó una semana antes (10 horas clase) del inicio formal del semestre. Ya iniciado el semestre y para que esta materia no interfiriera con los horarios habituales, se ofreció los viernes y sábados, impartíéndoseles un total de 74 horas clase.

C) EXÁMENES DE DIAGNÓSTICO: Con la finalidad de conocer sus deficiencias matemáticas básicas y determinar si contaban con los conocimientos matemáticos mínimos requeridos para cursar asignaturas del nivel principiante en el IIT de la UACJ, se diseñó un examen de entrada (Pre examen) con un total de 20 reactivos, con un nivel de secundaria, de los considerados necesarios que el alumno

conozca para avanzar en estudios matemáticos posteriores. A dichos alumnos, inmediatamente al inicio del curso de nivelación, en el mes de enero del 2014, se les aplicó un examen de entrada. Con la intención de comparar resultados, ver la pertinencia y determinar medidas correctivas. Al final del curso de nivelación, en el mes de mayo del 2014, se les aplicó un examen de salida (Post examen), el mismo que el de entrada. En los reactivos se incluyeron temas como: Adición de números enteros; suma, multiplicación y división de números racionales, solución de ecuaciones de primer grado con una incógnita, binomios al cuadrado, multiplicación de un binomio por un monomio, eliminación de signos de agrupación, solución de sistemas de ecuaciones de 2×2 , ecuaciones equivalentes, factorización, despeje de variables, potencias de números enteros y racionales, etc.

A los 20 reactivos se les dio un valor de 3, 4 ó 5 puntos, dependiendo del grado de dificultad, determinándose 8 reactivos con valor de 3 puntos cada uno de ellos, 8 reactivos con valor de 4 puntos y 4 reactivos con valor de 5 puntos, de tal forma que el examen tenía un valor de 76 puntos. A los alumnos se les aclaró que el examen era importante para determinar el nivel en que se les impartirían los temas, que se les daría el tiempo necesario y se les señaló que los resultados que obtuvieran no influirían en la calificación del curso, además, el nombre en el examen fue opcional.

El número de alumnos que contestaron el examen de entrada en el mes de enero fue de 58 y el número de alumnos que contestaron el examen de salida en el mes de mayo, fue de 46 alumnos (desafortunadamente es habitual que este tipo de estudiantes tenga el mal hábito de la inasistencia frecuente a clases).

Resultados

Resultados obtenidos en la primera ocasión en que se impartió el curso de precálculo: semestre enero-junio del 2014

En el curso de Precálculo impartido durante el semestre Enero-Junio del 2014 fueron inscritos 100 alumnos, a los cuales se les impartieron 74 horas clase en el semestre, se les registró en su cardex oficial, curso acreditado a 53 estudiantes, es decir al 53 % de los alumnos inscritos y que de hecho correspondían a casi la totalidad de los estudiantes que asistieron con regularidad al curso.

A) Resultados del examen de entrada: semestre enero-junio del 2014

El número de alumnos que contestaron el examen de entrada fue de 58. El total de puntos de los 58 alumnos para los reactivos con valor de 3 puntos debería de ser de $(58)(8 \times 3) = 1392$, para los reactivos con valor de 4 puntos $(58)(8 \times 4) = 1856$, el total de puntos de los 58 alumnos para los reactivos con valor de 5 puntos de $(58)(5 \times 4) = 1160$. En total los puntos posibles a obtener sumarían 4408. Los resultados obtenidos en el examen de entrada aplicado en el mes de enero del 2014 fueron los siguientes (tabla 1):

Tabla 1. Resultados del examen de entrada.

RESULTADOS DEL EXAMEN DE ENTRADA. TAMAÑO DE LA MUESTRA: 58 ALUMNOS							
N ₀	REACTIVO ABREVIADO	Alumnos Reactivo Correcto	Alumnos Reactivo Incorrecto	Valor del Reactivo	% BIEN	TOTAL PUNTOS	PUNTOS BIEN
1	Sumar: $8 - 5 + 4 - 3 + 2 - 10$	45	13	3	78	174	135
2	Eliminar los signos de agrupación: $(-1)[-1 - (-3) - 2]$	13	45	3	22	174	39
3	Sumar: $\frac{7}{6} + \frac{3}{4} - \frac{1}{2}$	14	44	3	24	174	42
4	$\left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{2}{5}\right) \div \left(\frac{3}{2}\right)$	26	32	3	45	174	78
5	$\frac{4-3}{4-4}$ es:	3	55	4	5	232	12
6	$\frac{3-3}{8-3}$ es:	10	48	3	17	174	30
7	$\left(-\frac{3}{4}\right)^3$ es:	15	43	3	26	174	45
8	$\left[\frac{3}{4}\right]^0$ es:	5	53	4	9	232	20
9	$(-3x^{-2})^2$	1	57	4	2	232	4
10	$[3x^2]^{\frac{3}{2}}$	0	58	5	0	290	0
11	Encontrar el valor de $x \left[\frac{3x^3 yz}{4} \right] \left[\frac{4x^{-2}}{yz} \right] = 6$	1	57	4	2	232	4
12	El valor de x $3x + 2 = -2(x - 6)$	8	50	3	14	174	24
13	Desarrolle $(a + b)^2 =$	18	40	3	31	174	54
14	Resuelva la ecuación: $6 - \frac{2x}{3} = 9$	2	56	4	3	232	8
15	Factorizar al máximo: $2x^2z - 2xyz + 2y^2z$	2	56	5	3	290	10
16	Despeje h $x = \sqrt{r^2 - 3h}$	2	56	5	3	290	10
17	La solución de: $x + y = 15$ $3x - 2y = 20$ es:	11	47	4	19	232	44
18	Las soluciones de: $x^2 + 3x - 10 = 0$ son:	4	54	5	7	290	20
19	Un artículo está etiquetado en \$ 232 pesos, ya con el 16% del IVA incluido, ¿Cuál es el precio del artículo sin IVA?	4	54	4	7	232	16

20	Un gavián grita a una parvada de palomas: ¿A dónde van 100 Palomas? La líder de las palomas le contesta: No señor gavián, Si fuéramos 100, seríamos éstas, mas éstas, mas la mitad de éstas. Compruebe que en este caso, serían 100 palomas	4	54	4	7	232	16
----	---	---	----	---	---	-----	----

1ª columna: indica el número de reactivo aplicado.
2ª columna: contiene en forma sintética el reactivo aplicado a los alumnos.
3ª columna: nos informa el número de alumnos que contestaron correctamente dicho reactivo.
4ª columna: nos indica el número de alumnos que contestaron erróneamente el reactivo.
5ª columna: nos proporciona el valor otorgado al reactivo.
6ª columna: nos da a conocer el porcentaje de alumnos que contestaron correctamente el reactivo.
7ª columna: nos proporciona el total de puntos que debieron haber obtenido los 58 alumnos en dicho reactivo, de haber contestado todos correctamente.
8ª columna: nos indica los puntos obtenidos por los 58 alumnos

Como puede contarse, se obtuvieron en total 611 Puntos de 4408 Puntos posibles, es decir, los puntos promedio obtenidos por los alumnos fue de 10.53 de los 76 posibles lo cual da una calificación decimal promedio de 13.86 en escala a 100.

La tabla 2 muestra que el promedio de aciertos obtenido por los alumnos fue de 3.06 y que el máximo de aciertos obtenido fue 15 de 20 posibles, esto, por un solo alumno.

B) Resultados del examen de salida. Semestre enero-junio 2014

Una vez finalizado el curso de Precálculo se aplicó un examen de salida a 46 alumnos en el mes de mayo del 2014; El examen fue el mismo que el de entrada y se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 3):

Tabla 2. Se relacionan la cantidad de aciertos, con el total de alumnos que en examen de entrada los obtuvieron.

Número de aciertos por alumno Examen de entrada. Enero 2014	
Número de aciertos	Numero de alumnos
0	5
1	14
2	10
3	10
4	6
5	5
6	4
7	2
12	1
15	1
Promedio de aciertos por alumno: 3.06	

Tabla 3. Resultados del examen de sálida.

RESULTADOS DEL EXAMEN DE ENTRADA. TAMAÑO DE LA MUESTRA: 46 ALUMNOS							
N ₀	REACTIVO ABREVIADO	Alumnos Reactivo Correcto	Alumnos Reactivo Incorrecto	Valor del Reactivo	% BIEN	TOTAL PUNTOS	PUNTOS BIEN
1	Sumar: $8 - 5 + 4 - 3 + 2 - 10$	42	4	3	91	138	126
2	Eliminar los signos de agrupación: $(-1)[-1 - (-3) - 2]$	13	33	3	28	138	39
3	Sumar: $\frac{7}{6} + \frac{3}{4} - \frac{1}{2}$	22	24	3	48	138	66
4	$\left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{2}{5}\right) \div \left(\frac{3}{2}\right)$	26	20	3	57	138	78
5	$\frac{4-3}{4-4}$ es :	9	37	4	20	184	36
6	$\frac{3-3}{8-3}$ es :	14	32	3	30	138	42
7	$\left(-\frac{3}{4}\right)^3$ es :	27	19	3	59	138	81
8	$\left[\frac{3}{4}\right]^0$ es :	20	26	4	44	184	80
9	$(-3x^{-2})^2$	2	44	4	4	184	8
10	$[3x^2]^{\frac{3}{2}}$	0	46	5	0	230	0
11	Encontrar el valor de x $\left[\frac{3x^3yz}{4}\right] \left[\frac{4x^{-2}}{yz}\right] = 6$	6	40	4	13	184	24
12	El valor de x $3x + 2 = -2(x - 6)$	10	36	3	22	138	30
13	Desarrolle $(a + b)^2 =$	18	28	3	39	138	54
14	Resuelva la ecuación: $6 - \frac{2x}{3} = 9$	3	43	4	7	184	12
15	Factorizar al máximo: $2x^2z - 2xyz + 2y^2z$	3	43	5	7	230	15
16	Despeje h $x = \sqrt{r^2 - 3h}$	1	45	5	2	230	5
17	La solución de: $x + y = 15$ $3x - 2y = 20$ es:	16	30	4	35	184	64
18	Las soluciones de: $x^2 + 3x - 10 = 0$ son:	10	36	5	22	230	50
19	Un artículo está etiquetado en \$ 232 pesos, ya con el 16% del IVA incluido, ¿Cuál es el precio del artículo sin IVA?	6	40	4	13	184	24

20	Un gavián grita a una parvada de palomas: ¿A dónde van 100 Palomas? La líder de las palomas le contesta: No señor gavián, Si fuéramos 100, seríamos éstas, mas éstas, mas la mitad de éstas. Compruebe que en este caso, serían 100 palomas	1	45	4	2	184	4
----	---	---	----	---	---	-----	---

Como puede apreciarse, se obtuvieron en total 838 Puntos de 3496 posibles, es decir los puntos promedio obtenidos por los alumnos fue de 18.2 de los 76 posibles, lo cual da una calificación decimal promedio de 23.9 en escala a 100. Aquí puede observarse que el promedio de puntos obtenidos por alumno subió de 10.53 a 18.2 y que la calificación promedio pasó de 13.86 a 23.9, con respecto al examen de entrada.

La tabla 4 muestra que el promedio de aciertos obtenido por los alumnos fue de 5.41 y que el máximo número de aciertos fue 11 de 20 posibles, esto, obtenido por 1 alumno. Aquí puede observarse que el máximo de aciertos obtenidos bajo de 15 a 11, aunque el promedio de aciertos por alumnos subió de 3.06 a 5.41, con respecto al examen de entrada.

Tabla 4. Se relacionan la cantidad de aciertos, con el total de alumnos que en examen de salida los obtuvieron.

Número de aciertos por alumno Examen de salida	
Número de aciertos	Numero de alumnos
0	3
1	1
2	4
2.5	1
3	4
4	7
5	4
6	3
7	4
7.5	1
8	6
9	5
10	2
11	1
Promedio de aciertos por alumno: 5.41	

Tabla 5. Comparativo de resultados entre el Pre-Examen, el Post-Examen y calificación

	PROMEDIO DE ACIERTOS	PROMEDIO DE PUNTOS	PROMEDIO DE CALIFICACION
EXAMEN DE ENTRADA	3.06	10.53	13.86
EXAMEN DE SALIDA	5.41	18.2	23.9
En el cardex oficial, los maestros determinaron que el 53% de los alumnos acreditaron el curso			

C) Resultados de la encuesta de satisfacción aplicada al finalizar el curso

Se muestra a continuación el resumen de lo expresado por alumnos y maestros en la encuesta aplicada:

Alumnos: El curso debe ser obligatorio, para que el alumno pueda inscribirse, siendo la impartición de éste, antes del inicio del semestre y que sean 5 días por semana. De manera previa el alumno debe recibir ampliamente toda la

información respecto al curso. Que se abran grupos en el turno matutino y vespertino, que se abran más opciones de horarios y que el alumno tenga la posibilidad de escoger el turno. Consideran el curso de mucha ayuda y que los maestros los apoyaron lo suficiente en sus dudas de otras materias que estaban cursando y el número de horas trabajadas, es el correcto. El contenido del curso es el correcto.

Maestros: Que la asistencia de los alumnos al curso sea obligatoria para poder inscribirse. Que la información al alumno sea dada en tiempo y forma. Que se imparta antes del inicio del semestre, ya que se dio un ausentismo muy marcado. Hubo mucha falta de interés por parte de los estudiantes. El alumno no tiene interés e iniciativa para investigar nuevos conocimientos.

Resultados obtenidos en la segunda ocasión en que se impartió el curso de precálculo: semestre Agosto-diciembre del 2014

Para el semestre Agosto-Diciembre del 2014 se atendió lo expresado en la primera encuesta aplicada a alumnos y maestros y el curso de Precálculo fue impartido en los meses de junio y julio (antes del inicio del semestre). Se abrieron 8 grupos, sumando un total de 117 alumnos, 5 grupos en el turno matutino y 3 en el turno vespertino, 2 horas diarias de lunes a viernes, durante 6 semanas, sumando un total de 60 horas, a 66 alumnos que llevaron el curso se les registró oficialmente en su cardex, curso aprobado, o sea, el 56.4%, una ligera mejoría, respecto al semestre anterior que fue de 53%.

Se les aplicó el mismo examen de entrada en el mes de junio y de salida en el mes de julio del 2014, que a los alumnos del semestre anterior, obteniéndose los siguientes resultados:

A) Resultados del examen de entrada: semestre agosto-diciembre 2014 (tabla 6).

Tabla 6. Resultados del examen de entrada, con el total de puntos obtenidos por los 70 alumnos de esta muestra.

RESULTADOS DEL EXAMEN DE ENTRADA. TAMAÑO DE LA MUESTRA: 70 ALUMNOS							
N ₀	REACTIVO ABREVIADO	Alumnos Reactivo Correcto	Alumnos Reactivo Incorrecto	Valor del Reactivo	% BIEN	TOTAL PUNTOS	PUNTOS BIEN
1	Sumar: $8 - 5 + 4 - 3 + 2 - 10$	51.5	18.5	3	73.6	210	154.5
2	Eliminar los signos de agrupación: $(-1)[-1 - (-3) - 2]$	7	63	3	10	210	21
3	Sumar: $\frac{7}{6} + \frac{3}{4} - \frac{1}{2}$	13.5	56.5	3	19.3	210	40.5
4	$\left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{2}{5}\right) \div \left(\frac{3}{2}\right)$	26.5	43.5	3	37.9	210	79.5
5	$\frac{4-3}{4-4}$ es :	2	68	4	2.9	280	8
6	$\frac{3-3}{8-3}$ es :	15	55	3	21.4	210	45

7	$\left(-\frac{3}{4}\right)^3$ es:	14	56	3	20	210	42
8	$\left[\frac{3}{4}\right]^0$ es:	5	65	4	7.1	280	20
9	$(-3x^{-2})^2$	1	69	4	1.4	280	4
10	$[3x^2]_2^3$	0	70	5	0	350	0
11	Encontrar el valor de x $\left[\frac{3x^3yz}{4}\right] \left[\frac{4x^{-2}}{yz}\right] = 6$	7	63	4	10	280	28
12	El valor de x $3x + 2 = -2(x - 6)$	7	63	3	10	210	21
13	Desarrolle $(a + b)^2 =$	14	56	3	20	210	42
14	Resuelva la ecuación: $6 - \frac{2x}{3} = 9$	0.5	69.6	4	0.1	280	2
15	Factorizar al máximo: $2x^2z - 2xyz + 2y^2z$	0	70	5	0	350	0
16	Despeje h $x = \sqrt{r^2 - 3h}$	0	70	5	0	350	0
17	La solución de: $x + y = 15$ $3x - 2y = 20$ es:	20	50	4	28.6	280	80
18	Las soluciones de: $x^2 + 3x - 10 = 0$ son:	6	64	5	8.6	350	30
19	Un artículo está etiquetado en \$ 232 pesos, ya con el 16% del IVA incluido, ¿Cuál es el precio del artículo sin IVA?	4	66	4	5.7	280	16
20	Un gavián grita a una parvada de palomas: ¿A dónde van 100 Palomas? La líder de las palomas le contesta: No señor gavián, Si fuéramos 100, seríamos éstas, mas éstas, mas la mitad de éstas. Compruebe que en este caso, serían 100 palomas	14	56	4	20	280	42

Como puede contarse, se obtuvieron en total 675.5 Puntos de 5320 posibles, es decir los puntos promedio obtenidos por los alumnos fueron de 9.65 de los 76 posibles, lo cual da una calificación decimal promedio de 12.69 en escala a 100. El promedio de

reactivos correctos por alumno fue 3 de 20 posibles.

B) Resultados del examen de sálida: semestre agosto-diciembre 2014 (tabla 7).

Tabla 7. Resultados del examen de sávida, con el total de puntos obtenidos por los 56 alumnos de esta muestra.

RESULTADOS DEL EXAMEN DE ENTRADA. TAMAÑO DE LA MUESTRA: 56 ALUMNOS							
N ₀	REACTIVO ABREVIADO	Alumnos Reactivo Correcto	Alumnos Reactivo Incorrecto	Valor del Reactivo	% BIEN	TOTAL PUNTOS	PUNTOS BIEN
1	Sumar: $8 - 5 + 4 - 3 + 2 - 10$	48	8	3	86	168	144
2	Eliminar los signos de agrupación: $(-1)[-1 - (-3) - 2]$	18	38	3	32	168	54
3	Sumar: $\frac{7}{6} + \frac{3}{4} - \frac{1}{2}$	22	34	3	39	168	66
4	$\left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{2}{5}\right) \div \left(\frac{3}{2}\right)$	31	25	3	55	168	93
5	$\frac{4-3}{4-4}$ es:	2	54	4	3.6	224	8
6	$\frac{3-3}{8-3}$ es:	18	38	3	32	168	54
7	$\left(-\frac{3}{4}\right)^3$ es:	21	35	3	38	168	63
8	$\left[\frac{3}{4}\right]^{-0}$ es:	24	32	4	43	224	96
9	$(-3x^{-2})^2$	4	52	4	7.1	224	16
10	$[3x^2]^{\frac{3}{2}}$	0	56	5	0	280	0
11	Encontrar el valor de x $\left[\frac{3x^3yz}{4}\right] \left[\frac{4x^{-2}}{yz}\right] = 6$	5	51	4	8.9	224	20
12	El valor de x $3x + 2 = -2(x - 6)$	15	41	3	27	168	45
13	Desarrolle $(a + b)^2 =$	33	23	3	59	168	99
14	Resuelva la ecuación: $6 - \frac{2x}{3} = 9$	3	53	4	5.4	224	12
15	Factorizar al máximo: $2x^2z - 2xyz + 2y^2z$	4	52	5	7.1	280	20
16	Despeje h $x = \sqrt{r^2 - 3h}$	2	54	5	3.6	280	10
17	La solución de: $x + y = 15$ $3x - 2y = 20$ es:	21	35	4	38	224	84
18	Las soluciones de: $x^2 + 3x - 10 = 0$ son:	9	47	5	16	280	45
19	Un artículo está etiquetado en \$ 232 pesos, ya con el 16% del IVA incluido, ¿Cuál es el precio del artículo sin IVA?	6	50	4	11	224	24

20	Un gavián grita a una parvada de palomas: ¿A dónde van 100 Palomas? La líder de las palomas le contesta: No señor gavián. Si fuéramos 100, seríamos éstas, mas éstas, mas la mitad de éstas. Compruebe que en este caso, serían 100 palomas	12	44	4	21	224	48
----	---	----	----	---	----	-----	----

Como puede contarse, se obtuvieron en total 1001 Puntos de 4256 posibles, es decir los puntos promedio obtenidos por los alumnos fueron de 17.875 de los 76

posibles, lo cual da una calificación decimal promedio de 23.52 de 100. El promedio de reactivos correctos por alumno fue 5.32 de 20 posibles.

Tabla 8. Se relacionan la cantidad de aciertos, con el total de alumnos que en examen de salida los obtuvieron.

Número de aciertos por alumno Examen de salida	
Número de aciertos	Numero de alumnos
1	5
2	8
3	4
4	9
5	6
6	4
7	6
8	4
9	5
10	3
12	1
14	1
Promedio de aciertos por alumno: 5.32	

Conclusión

A manera de conclusión se muestra las tablas 9 y 10, en las cuales se hace un comparativo de diversos aspectos de los resultados de los exámenes de entrada y salida de los cursos de nivelación para los semestres enero-junio y agosto- diciembre del 2014.

El departamento de servicios académicos del IIT de la UACJ proporcionó los siguientes datos oficiales (tabla 11), los cuales son ilustrativos y en gran manera coinciden y reflejan los deficientes resultados ya mostrados.

Tabla 9. Presenta número y porcentaje de alumnos aprobados y reprobados en los cursos de nivelación impartidos.

	CURSO DE NIVELACION SEMESTRE ENERO-JUNIO 2014	CURSO DE NIVELACION SEMESTRE AGOSTO-DICIEMBRE 2014
ALUMNOS APROBADOS	53	66
ALUMNOS REPROBADOS	47	51
% APROBADOS	53%	56.4%
% REPROBADOS	47%	43.6%

Tabla 10. Muestra varios aspectos de los exámenes de entrada y salida aplicados a los alumnos que llevaron el curso de precálculo para los semestres Enero-Junio y Agosto-Diciembre del 2014.

	PREEXAMEN: ENERO-JUNIO DEL 2014	POSTEXAMEN: ENERO-JUNIO DEL 2014	PREEXAMEN: AGOSTO-DICIEMBRE 2014	POSTEXAMEN: AGOSTO-DICIEMBRE 2014
PROMEDIO DE CALIFICACIÓN	13.86	23.9	12.69	23.52
PROMEDIO DE ACIERTOS POR ALUMNO	3.06	5.41	3	5.32
PROMEDIO DE PUNTOS POR ALUMNO	10.53	18.2	9.65	17.87
ALUMNOS APROBADOS	1	0	0	0
ALUMNOS REPROBADOS	57	46	70	56
ALUMNOS CON CALIFICACIÓN 0	5	3	0	0
MÁXIMA CALIFICACIÓN	71	49	61	66

Tabla 11. Muestra los resultados del semestre Enero-Junio del 2014 obtenidos por los alumnos que llevaron el curso de nivelación.

Semestre enero-junio del 2014	
No. De bajas	49
Solo se inscribieron, no asistieron	4
Cambios de instituto	2
Total de alumnos desertores	55
Aprobados en Física I	19
Rerprobados en Física I	10
Aprobados en algebra superior	29
Reprobados en Algebra superior	10
Aprobados en Calculo I	12
Reprobados en Calculo I	16

Salvo la mejor opinión del lector, en las 3 últimas tablas que resumen los datos de esta investigación se puede observar que efectivamente, el nivel académico que los alumnos tienen a su ingreso a nuestra universidad es deficiente.

Altamente preocupante es el hecho de que 55% de los alumnos sean desertores inmediatamente desde su ingreso.

BIBLIOGRAFIA

Barrón López, J.V. (2013). *Errores matemáticos más comunes de los alumnos de nuevo ingreso en las clases de física y matemáticas de las carreras de ingeniería de la UACJ*. Culcyt, año 10, N° 51: Especial No 1.

UACJ. (2014). Archivo de control escolar del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Moreno Olivas, T. (2009). *La evaluación del aprendizaje en la Universidad: tensiones, contradicciones y desafíos*. Revista Mexicana de Investigación Educativa (RMIE) Abril-Junio 2009, Vol. 14, Num.41.

Diseño de un prototipo para un micro - concentrador solar

René Alberto Valenzuela Nájera¹, Jesús Rodarte Dávila¹, Carlos Ponce Corral¹, Nestor Ramírez Morales¹ Jaime Romero González¹, José Fernando Estrada Saldaña¹, Héctor Garcés Guzmán¹

Resumen

En éste trabajo aborda el diseño de un concentrador solar usado para micro generación eléctrica, considerando los aspectos teóricos y prácticos necesarios para su construcción. Los Sistemas de Concentración Solar permiten explotar el recurso solar a un menor costo/eficiencia que los paneles fotovoltaicos, además de ocupar un área menor para su funcionamiento. Entre algunas de sus aplicaciones destacan la generación de energía para la operación de motores solares, funcionando bajo el principio de apertura parabólica y concentración de calor en un punto focal. La electricidad se obtiene por generación directa de vapor, usando un fluido a alta presión y presión para impulsar turbinas generadoras, como en una central termoelectrica a escala. La investigación en tecnologías de generación solar térmica, permite la existencia de prototipos ligeros y resistentes, capaces de funcionar a temperaturas sobre los 400 °C (Fernandez-Garcia et al., 2010). Se consideran dos aspectos que más influencia tienen para la generación eléctrica solar: concentración de la radiación solar y seguimiento de la trayectoria solar. La metodología utilizada para el diseño y construcción del prototipo es el método propuesto por (Ullman, 2010), en el cual primero se identificarán las necesidades del diseño propuesto, después se desarrollarán especificaciones del prototipo, posteriormente se realizará un modelado matemático con la ayuda de los softwares: Catia V5R18, Dassault Systems, MPLAB IDE v 8.83, Microchip, Proteus Design Suite Labcenter Electronics, Matlab R2010, enseguida se realizará una caracterización del modelo.

Palabras clave: Concentrador solar, micro generación eléctrica, radiación solar, trayectoria solar.

Introducción

Durante el último siglo, la población mundial aumento en más de un 100 % en un periodo de tiempo relativamente corto, pues en 50 años se pasó de 3 mil millones a 7 mil millones de personas (Banco Mundial, S.F.) cada una de ellas con las mismas necesidades energéticas de Iluminación y Calor. Considerando la cantidad de combustibles fósiles necesarias para cubrir esta necesidad y la consecuente contaminación generada por su uso, se deben considerar alternativas para satisfacer esta demanda energética, causando el menor daño posible al medio ambiente.

Se han realizado estudios que prueban la viabilidad de cubrir la demanda energética global mediante el uso de energías renovables, utilizando solo el 1 % de la superficie terrestre no ocupada hasta hoy, siendo las principales la energía solar, eólica y marina, (conocidas por sus siglas en inglés WWS wind, water, solar) (Jacobson & Delucchi, 2011).

Las líneas de investigación en las áreas de energía solar térmica se mantienen actuales y evolucionan día con día. Se consideran dos aspectos que más influencia tienen para la generación eléctrica solar:

¹Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

concentración de la radiación solar y seguimiento de la trayectoria solar.

1. Concentración de la Radiación solar

Las plantas de concentración de energía solar producen energía eléctrica a través de la conversión de la energía del sol a calor de alta temperatura usando varias configuraciones de espejo. El calor es luego canalizado a través de un generador convencional. Las plantas generalmente consisten en dos partes: una que colecta la energía solar y la convierte en calor, y otra que convierte esta energía en forma de calor a electricidad. La cantidad de potencia generada por una planta de concentración de energía solar depende de la cantidad de luz directa del sol. Como los concentradores fotovoltaicos, estas tecnologías usan solamente el rayo directo de la luz del sol, más que la radiación solar difusa (Peña-Díaz, S.F.).

En nuestro estudio nos enfocaremos a analizar los diferentes dispositivos de concentración solar.

Ibáñez Plana et al. definen una geometría alternativa a los grandes discos parabólicos, que además de costosos, resultan muy pesados. Utilizando una tecnología de bandas elásticas, la resistencia a la flexión se modifica al variar el ancho de las mismas, controlando la curvatura de 12 hojas delgadas de acero pulido usadas como material reflejante. En la figura 1 se muestra el resultado de la investigación.

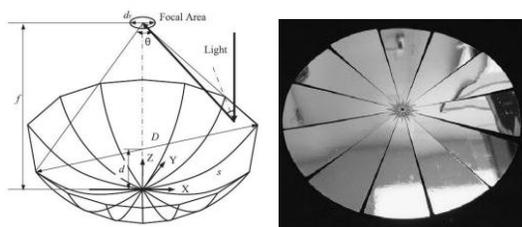


Figura 1. Geometría de pétalos flexibles.

Un acercamiento similar es presentado en Mlatho et al., (2010), donde se utiliza una estructura rígida, con 24 pétalos de aluminio anodizado como material reflejante. La Figura 2 muestra la geometría de una de las secciones y el ensamble final de los mismos.

En 2011, en la Universidad Autónoma de Baja California (Philippen, S.F.), se desarrolló una investigación, utilizando un nuevo modelo geométrico de concentrador solar de foco fijo (CSFF), previsto a ser usado junto a un motor Stirling de 3 kW para la producción de energía eléctrica. (Fig. 3)

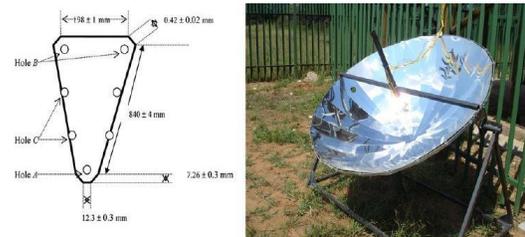


Figura 2. Geometría y ensamble.

Este modelo presenta la particularidad de mantener el punto o área focal fija, a pesar del movimiento del reflector. El modelo geométrico utilizado, consiste en interceptar una parábola por un cilindro, desde su borde externo y hasta una distancia cercana a la línea media. Resulta en un reflector de sección parabólica, con las características ópticas de la misma, logrando una eficiencia térmica calculada del 88 %, alcanzando temperaturas de hasta 700 °C.

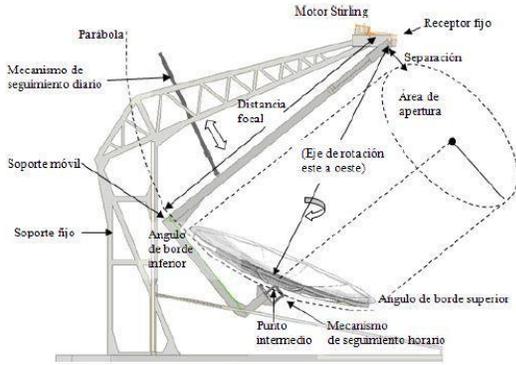


Figura 3. Concentrador solar de foco fijo.

2. Seguimiento de la trayectoria solar

Se ha comprobado que un sistema seguidor solar aporta aumentos del 30 al 50 % (Kelly & Gibson, 2009; Zheng-ming et al., 2011) de eficiencia en paneles fotovoltaicos VS. Sistemas fijos. En aplicaciones térmicas, el seguimiento solar permite alcanzar temperaturas sobre los 2000 °C (Almanza y Muñoz, 2003) en concentradores de torre central.

En 2008, un grupo de investigadores en México, desarrolló un sistema controlado por un micro controlador dsPIC30F40011. (Tecpoyotl-Torres et al., 2008), el cual consistía en una estructura con una barra central con movimiento circular de 360 grados para controlar el ángulo horario. Para controlar el ángulo de declinación se usó una estructura semicircular, con un tornillo sin fin acoplado a la misma como se muestra en la figura 4.

Un par de motores son controlados por el dsPIC30F40011 y una interfaz de display LCD y push buttons permite la puesta en marcha del sistema. El algoritmo de control funciona en base a 3 bloques principales: un reloj de tiempo real (RTC), Movimiento Horario y Movimiento Declinación. Estos últimos se sincronizan con el RTC para determinar los movimientos necesarios. Programando el

año, el mes, y el día, el sistema determina los movimientos requeridos para un posicionamiento óptimo.



Figura 4. Sistema controlado por dsPIC.

Otra investigación realizada en Jordania, considera la utilización de un PLC para controlar la orientación de un sistema electromecánico a 2 ejes (Abdallah & Nijmeh, 2004). Este sistema utiliza un sistema de control en lazo abierto para ubicar un panel fotovoltaico en dirección perpendicular al sol y logra una eficiencia de 41.34 % respecto a un panel fotovoltaico fijo a 32° de inclinación. El control con PLC simplifica los circuitos electrónicos, reduciendo la posibilidad de falla y el costo de mantenimiento se reduce. El circuito de control puede apreciarse en la figura 5.

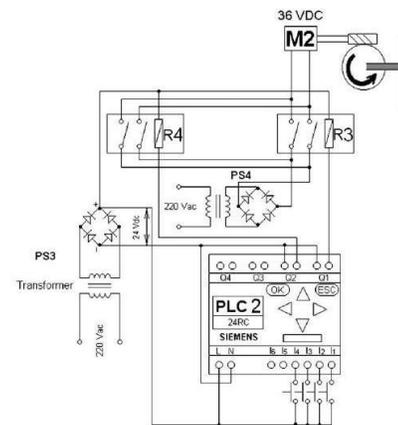


Figura 5. Circuito de control para PLC.

Calculando matemáticamente los ángulos solares, se dividen los periodos de luz diurna en 4, cada uno con una velocidad

predeterminada. Usando temporizadores internos se logra el movimiento angular, requerido en cada período de tiempo, permitiendo el ahorro de energía al accionar los motores por pocas segundos cada 10 minutos.

En una investigación reciente, realizada en Malasia Ponniran et al., 2011), se utilizaron LDR's como sensores y un motor DC bidireccional, ambos controlados por un PIC16F877A. Las señales provenientes de las LDR son convertidas de análogo a digital y comparadas entre sí. Si existe una diferencia entre ambas señales, se envía una señal que activa el motor correspondiente hasta que ambas señales sean igualadas. Es un sistema simple, que al utilizar motores DC con transmisión, logra velocidades de trabajo lentas, evitando así la conmutación constante entre estados. (Fig. 6)

Un caso especial es el de la compañía israelí Zenith Solar. Usando tecnología desarrollada por la universidad de Ben Gurion y el Instituto Fraunhofer, ha logrado una eficiencia 5 veces mayor a la de paneles solares fijos, haciendo la energía solar tan barata como el gas natural. Su principal producto, el Z20 (ZENITH SOLAR S.F.) utiliza 22m² de superficie reflejante montados sobre un seguidor a dos ejes. En el receptor se usa una celda fotovoltaica multiunión, acoplada a un intercambiador de calor, alcanzando una eficiencia combinada mayor al 72%. (Fig. 7)

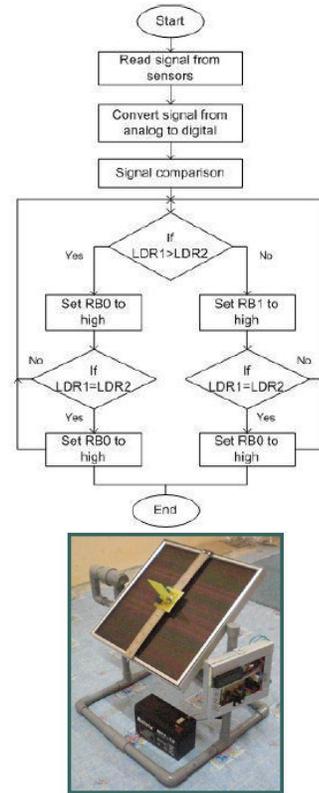


Figura 6. Diagrama de flujo y modelo del sistema.

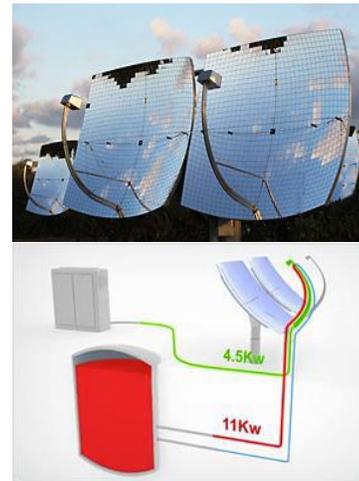


Figura 7. Concentrador Solar Z20.

Se observan ciertas tendencias en la literatura. El seguimiento a dos ejes es más

utilizado en aplicaciones de concentración solar, por su mayor grado de exactitud. Los motores de corriente directa o servomotores son usados como actuadores por su fácil implementación. Los microcontroladores ofrecen una mayor precisión VS el control

análogo convencional, usando seguimiento directo o por efemérides astronómicas. Estos aspectos se consideran en los siguientes párrafos para la aplicación de la metodología en el diseño y construcción del concentrador solar.

Metodología

En el proceso de diseño y construcción del prototipo del concentrador solar se utilizó la metodología establecida por David G. Ullman (Ullman, 2010), la cual nos establece llevar a cabo una serie de actividades, resumida en 6 pasos: Figura 8.

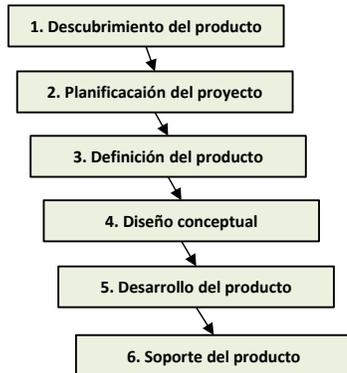


Figura 8. El proceso de diseño.

1) Descubrimiento del producto

En este paso nos enfocamos a identificar los requerimientos para la mejora de una tecnología ya existente. La figura 9 nos ayuda a identificar las funciones de los subsistemas y componentes del concentrador solar.

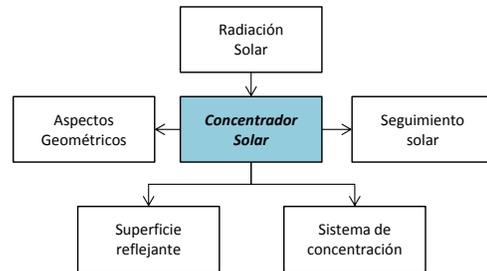


Figura 9. Diagrama de sub-sistemas y componentes.

Se identifica entonces, que los principales subsistemas que conforman el concentrador solar son:

- Radiación solar
- La geometría del concentrador solar
- Tipo y forma de la superficie reflejante
- Dispositivo de la reflexión solar
- Control del movimiento del seguimiento solar

Aquí se establecen las especificaciones de cada subsistema y / o componente.

2) Planeación del proyecto

La planeación y seguimiento de las actividades a realizar para complementar el proyecto, garantizan un método de control y seguimiento a las acciones realizadas de manera organizada que podrán conducir al lector a lograr el mejor de los éxitos en un tiempo pre-establecido por el mismo, los

planes de cada quien son personales y no es la intención de éste artículo mostrar un método de plan y organización de algún proyecto.

3) Definición del producto

En ésta etapa se desarrollan los cálculos matemáticos de cada uno de los subsistemas y componentes basado en las especificaciones del producto que se quiere lograr y se definirán variables de entrada y salida de los subsistemas.

A. Radiación solar

El sol tiene un diámetro de 1.39×10^9 metros, y se encuentra a 1.5×10^{14} metros de la tierra, distancia recorrida en cerca de 8 minutos viajando a la velocidad de la luz. La radiación electromagnética emitida por el Sol alcanza a nuestro planeta con una intensidad de 1.73×10^{14} kW en un punto justo en el exterior de la tierra.

La constante solar **Ss** es la radiación solar incidente sobre un plano exterior a la atmosfera, y se le asigna un valor de 1.353 kW/m^2 . En aplicaciones prácticas solares, el espectro útil esta entre .29 y 2.5 micrómetros, el 95.19% del valor de la constante solar, siendo $1,301 \text{ kW/m}^2$.

La **Irradiancia** es la potencia de radiación solar que se recibe por unidad de área en un instante determinado. Debido las condiciones atmosféricas, el grado de atenuación es variable, en situaciones ideales en un 25 %. Es por esto que el valor ideal asignado a la irradiancia bajo condiciones normales de atenuación, sobre el ecuador y a nivel del mar, es de 1 kW/m^2 . Dependiendo de la nubosidad, el valor de la irradiancia es de entre 20 y 50% para un

cielo parcialmente nublado y de entre 5 a 15 % si totalmente nublado.

La **Irradiación (Hs)** es el valor acumulado de Irradiancia en un tiempo determinado. Se mide en base horaria, diaria o mensual. Es este valor el considerado para aplicaciones solares, siendo las regiones con 6 kW/m^2 consideradas zonas viables para la generación solar.

El Sol describe un arco aparente por la bóveda celeste en una trayectoria elíptica, con excentricidad del 3%, con un ángulo de 23.45 grados, debido a el eje de inclinación terrestre. La **declinación** solar es la variación en la altura solar del Solsticio de Verano al Solsticio de Invierno, tomando valores de -23.45 grados a +23.45 grados. Se calcula mediante la relación aproximada:

$$\theta = 23.45 \sin \left\{ \frac{284+n}{365} 2\pi \right\} \quad (1)$$

Dónde:

n = día del año

El **ángulo horario** es el movimiento aparente del Sol a lo largo del día, y se define por

$$h = 15 \left(\frac{ts}{2} - \theta \right) \quad (2)$$

Dónde:

ts = tiempo transcurrido entre la salida y la puesta del sol. Es variable a lo largo del año

θ = tiempo posterior a la salida del sol que se desea calcular en el ángulo horario (en horas.)

B. Superficie Reflejante

La **Ley de Reflexión Óptica** refiriéndose a un haz de luz que: “el ángulo

de incidencia es igual al ángulo de reflexión” desde el plano reflejante y respecto a la normal del mismo. Este fenómeno se da cuando el rayo incidente no puede atravesar la superficie, siendo reflejado.

$$\theta_i = \theta_r \quad (3)$$

Se conoce como **reflexión especular**, y se define como la cantidad de energía que se refleja directamente de la superficie reflectora con el mismo ángulo que el haz incidente.

La **reflexión difusa** ocurre sobre superficies no planas, provocando que cada rayo incidente se refleje en una dirección distinta, provocando la dispersión de la energía.

Considerando estos principios, y el hecho de que se usaran reflectores especulares, se considera la configuración de espejos donde el material reflejante se coloca sobre la cara anterior o frontal del espejo, que normalmente es una película delgada de material reflejante.

Para que un espejo sea pueda ser usado efectivamente en aplicaciones de energía solar, debe cumplir los siguientes requerimientos (Almanza y Muñoz, 2003):

- Reflejancia no menor de 85%.
- Altamente especular (reflejar en un haz con dispersión menor de 2 miliradianes)
- El grado de reflejancia debe conservarse al menos por 5 años.
- Mantenimiento y/o sustitución sencillos
- Bajo Costo
- Resistencia a la radiación Ultravioleta, degradación ambiental mínima.

Algunos materiales reflejantes son:

- Espejo de Vidrio Plateado (94%)
- Aluminio 9.5 % pureza (86%)
- Espejo Acrílico (96 %)
- Mylar (Papel de envoltura metálico) 2 mm (90%)
- Foylon (90%)

La selección del material reflejante depende del medio y las condiciones ambientales en las que será utilizado.

C. Aspectos Geométricos

La Parábola se define como “el lugar geométrico de los puntos del plano que equidistan de un punto fijo llamado foco y de una recta fija llamada directriz”. Es una sección cónica, formada por la intersección de un cono circular y un plano paralelo a uno de sus bordes bidimensionales.

Se denomina **Foco**, un punto dado dentro del área de apertura de la parábola. La **Distancia Focal**, es la distancia entre el foco y el vértice de la parábola. La **Directriz** es una línea perpendicular al eje de la parábola, trazada a una distancia focal del vértice, en sentido opuesto al foco. Los puntos equidistantes al Foco y a la Directriz, forman un locus o lugar de puntos conocido como parábola. La Figura 10 muestra las definiciones espaciales de la parábola.

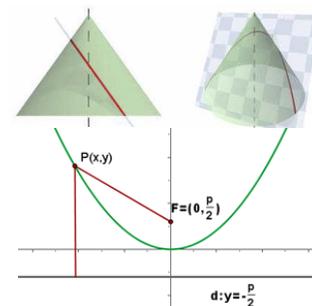


Figura 10. “Definición de la parábola”

Obedece la expresión matemática, para una parábola de apertura vertical y vértice en el origen:

$$x^2 = 4py \quad (4)$$

Siendo p la distancia del vértice al foco. Modificándose para un vértice en cualquier punto (h, k) .

$$(x - h)^2 = 4p(y - k) \quad (5)$$

Para formar un reflector parabólico, se gira una parábola alrededor de su eje, obteniendo un paraboloides elíptico que obedece la ecuación siguiente, donde a y b son las constantes que definen el nivel de curvatura:

$$\frac{z}{c} = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \quad (6)$$

Cuando $a=b$, se obtiene un paraboloides de revolución o paraboloides circular, que mantiene su propiedad reflectiva foco-directriz: Los rayos incidentes paralelos al eje del paraboloides son reflejados en el punto focal.

En sistemas de concentración, la relación diámetro/distancia focal, se ubica normalmente entre 0,25 y 0,6 siendo una distancia relativamente corta, limitando el grado de apertura del reflector principal.

D. Sistema de concentración

Almanza y Muñoz (2003) los definen como dispositivos ópticos que reflejan la radiación solar, puestos en arreglos geométricos efectivos, de manera que concentran el flujo incidente sobre un absorbedor de área mucho menor que la apertura. Ofrecen mayor flujo de energía por unidad de área de absorción, y al concentrar este flujo en un área más pequeña, se

reducen las pérdidas térmicas, alcanzando temperaturas mayores de 200 y hasta 3,800 grados centígrados.

El **reflector** es la superficie donde inciden los rayos solares directamente. Se determina un orden geométrico para concentrar esos rayos incidentes en un punto. El **receptor** es el dispositivo donde se concentran los haces reflejados, donde se procede a su aprovechamiento térmico o fotovoltaico.

El **área de apertura** es el área expuesta a la radiación solar directa y difusa mientras que el **área de absorción** es el punto de concentración de los haces lumínicos reflejados. En concentradores de disco parabólico, coincide con el punto focal. La **razón de concentración** se define como el cociente entre el área de apertura y el área de absorción:

$$C = \frac{A_a}{A_r} \quad (7)$$

La configuración de los reflectores es de tipo axial, colocando el receptor en el punto focal, limitando el grado de apertura del dispositivo. Incrementar la distancia focal, conlleva la construcción de soportes más grandes y pesados, dificultando el movimiento del sistema. Una solución consiste en usar una configuración **Cassegrain o Gregorian**, que utilizan reflectores secundarios convexos o cóncavos ubicados en el punto focal, ubicándose el receptor en el vértice del paraboloides, permitiendo “abrir” el área del reflector sin sacrificar la ligereza de la estructura.

La conversión directa de energía solar a energía eléctrica se logra sin transformaciones intermedias gracias al **Efecto Fotovoltaico**, que consiste en la

aparición de voltaje en un dispositivo cuando es iluminado.

La Celda Solar o Célula Solar es básicamente, una unión P-N diseñada de forma que la luz pueda penetrar en el volumen del semiconductor. Castañer, 1994). Para construir estos dispositivos, se usa principalmente Silicio (Si), abundante en la corteza terrestre y cuya manufactura ha alcanzado costos relativamente bajos.

La potencia generada por una celda fotovoltaica depende directamente del área semiconductor expuesta a la luz, la calidad del material y la iluminación incidente. El parámetro de Potencia Pico se define bajo condiciones ideales. (1 atm de presión, 25 °C, 1000 W/m²)

Las siguientes son características principales de una celda fotovoltaica:

Corriente de Corto Circuito: Es la intensidad de corriente eléctrica que se obtiene en ausencia de cargas externas y con sus terminales en corto circuito ($V=0$).

Tensión en Circuito Abierto: Es la tensión generada cuando no hay un consumo presente, por lo que la corriente presente es nula. En dispositivos de Silicio, es alrededor de ,6 voltios.

Potencia Máxima: La potencia es el producto del voltaje por la corriente. Tanto en corto circuito como en circuito abierto, la potencia generada es cero. Existe pues una tensión máxima una intensidad máxima antes de comenzar a caer a cero, siendo estos los puntos de operación pico. La potencia máxima obtenible es el producto de ambas magnitudes. (Figura 11).

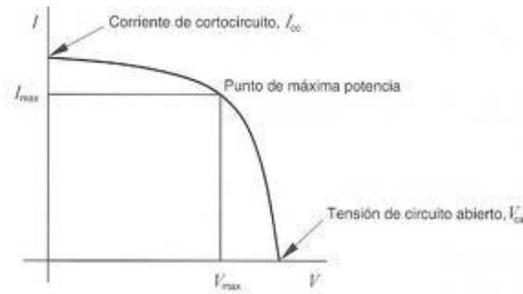


Figura 11. Punto de Máxima Potencia

Factor de Forma: El rectángulo formado por los puntos de operación máximos es de menor área al que se formaría con los valores de circuito abierto y corto circuito. Es la medida usada para conocer la calidad de la celda solar:

$$FF = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{cc} \cdot V_{cc}} \quad (8)$$

Eficiencia: La eficiencia de conversión energética, se define como la potencia máxima que puede suministrar a una carga respecto a la potencia de radiación solar incidente o irradiancia (I_s) sobre el área de la celda S_c .

$$\eta_c = \frac{P_m}{I_s \cdot S_c} \quad (9)$$

Es importante considerar los efectos de la temperatura sobre el funcionamiento de una celda fotovoltaica. Al igual que otros semiconductores, al aumentar su temperatura la tensión de circuito abierto disminuye unos pocos mili voltios por grado centígrado aumentado (aproximadamente 2,3 mV/°C para el Silicio). Esto provoca cambios en el FF, disminuyendo a su vez la eficiencia de la celda, alrededor de 0,45 % en dispositivos de Silicio.

E. Seguimiento Solar

En este trabajo se se utiliza se muestra un sistema de seguimiento de dos

grados de altitud-azimut, que permite el movimiento rotatorio en dos ejes perpendiculares entre sí, uno vertical y otro horizontal.

El seguimiento directo utiliza sensores fotosensibles en un sistema de control retroalimentado, que bascula entre posiciones hasta alcanzar la posición óptima. En días nublados, esto es una desventaja, pues el sistema cambia su posición continuamente, buscando las regiones más luminosas del cielo, consumiendo potencia innecesaria. Otro inconveniente es la reorientación a la posición inicial cada mañana. (Ibáñez Plana et al., 2004).

Los sistemas de control de orientación utilizan 3 componentes principales: Sensores, Unidad de Procesamiento (Microcontroladores) y Actuadores (Motores). Dada la amplia gama de cada uno de estos, se consideraran los aspectos generales de los mismos.

Controlando la posición angular de los motores se asegura la máxima concentración solar posible, por lo que es necesario considerar la etapa electro mecánica del sistema. Para efectos de esta investigación, se considera el uso de motores de corriente directa o continua

Un motor eléctrico se define como un dispositivo electromagnético que transforma la energía eléctrica en energía cinética. Al fluir corriente eléctrica a través de un conductor, y someterlo a un campo magnético externo, se presenta una fuerza perpendicular a la dirección del campo eléctrico y a la dirección del flujo de corriente, como se aprecia en la figura 12. La fuerza F que actúa sobre el alambre de longitud L , por el cual fluye una corriente I_a , dentro de un campo magnético con densidad de flujo B , está dada por:

$$F = BI_{\infty}L \quad (10)$$

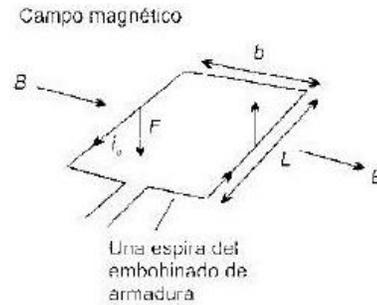


Figura 12. Principio de Funcionamiento de un motor

Para un embobinado de N alambres:

$$F = NBI_{\infty}L \quad (11)$$

Las fuerzas se suman produciendo un par torsional T,

$$T = Fb \quad (12)$$

Donde b es el ancho del embobinado, de forma que se obtiene:

$$T = NBI_{\infty}Lb \quad (13)$$

El par resultante es proporcional a BI_{∞} , mientras que el resto de los factores permanece constante:

$$T = K_1BI_{\infty} \quad (14)$$

Dado que la armadura (conjunto de alambres agrupados) es un embobinado giratorio dentro del campo magnético del estator, su giro inducirá un voltaje resultado de la inducción electromagnética, pero en sentido inverso. Esta es la llamada **fuerza contra electromotriz** V_b y es proporcional a

la rotación de la armadura ω y al flujo B de modo que:

$$V_b = K_2 B \omega \quad (15)$$

En los motores controlados por armadura, la corriente de campo I_f se mantiene constante, lo que significa que la densidad de flujo de campo magnético B es constante.

$$V_b = K_3 B \omega \quad (16)$$

La rotación del motor es controlada por el voltaje de armadura V_a , un voltaje de entrada conectado a sus terminales. El circuito de armadura puede considerarse como circuito serie RL acoplado a una fuente de fuerza electromotriz, lo que define la ecuación del sistema como:

$$V_a - V_b = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a \quad (17)$$

El circuito de control equivalente se aprecia en la figura 13.

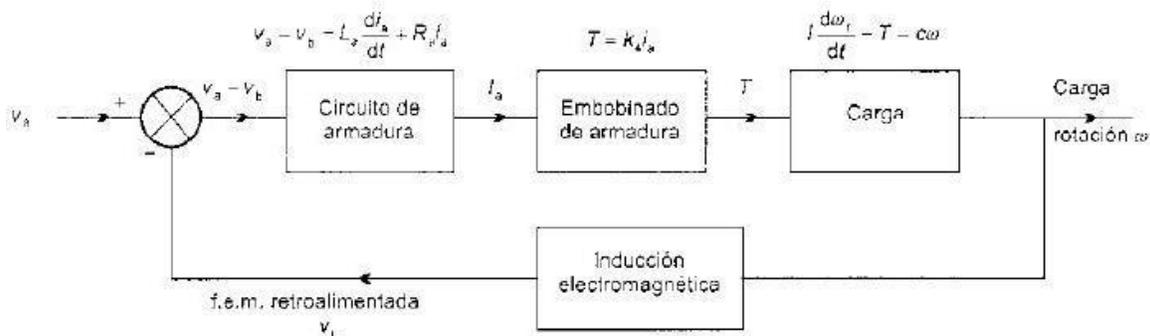


Figura 13. Lazo de control de un motor controlado por armadura.

La salida del circuito de armadura es la corriente de armadura i_a y dado que la densidad de campo es constante, la ecuación de torque se redefine como:

$$T = K_4 i_a \quad (18)$$

Este torque es el que moverá la carga final y producirá una rotación ω . Al igual que la fuerza contra electromotriz, existe un llamado “par de amortiguamiento” que se opone a la torsión ejercida por T , por lo que el par neto de rotación es el valor del par T menos el par de amortiguamiento $c\omega$. El par neto obtenido produce una aceleración angular $d\omega/dt$. Ordenando las ecuaciones respecto a la entrada v_a la salida ω ,

obtenemos las dos ecuaciones que definen el comportamiento del sistema:

$$I \frac{d\omega}{dt} = k_4 i_a - c \omega \quad (19)$$

$$v_a - k_3 \omega = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a \quad (20)$$

4) Diseño Conceptual

En esta sección se evalúan y aplican algunas técnicas de modelado matemático y diseño mecánico para la construcción de un sistema de concentración solar

A) Selección del tipo de sistema concentrador

La tabla 1 muestra la comparación básica para la generación eléctrica entre un

sistema fotovoltaico y térmico.

Tabla 1. Comparación entre Sistema Fotovoltaico y Térmico.

Parámetros	Fotovoltaico	Térmico
Conversion primaria	Electricidad	Calor
Conversión secundaria	Calor	Electricidad
Dispositivo generador	Celdas Fotovoltaicas	Motor de vapor o Stirling
Factores de perdida	Longitud de línea de transmisión	Aislamiento térmico y longitud de línea de transmisión

Los factores expuestos, llevan a considerar como opción del diseño de un sistema de generación fotovoltaico

Para nuestro diseño se seleccionaron celdas fotovoltaicas tipo CF de silicio monocristalico Grado A, con una superficie total de 0.016 m², tal como se muestra en la tabla de datos técnicos

Tabla 2. Ficha técnica celda solar.

Mechanical Characteristics					
Format	125mmx125mm±0.5mm, diagonal:165mm				
Thickness	200µm±20µm				
Front (-)	Silicon nitride anti-reflecting coating, 1.5mm wide front silver bus bars				
Back (+)	Full aluminium back surface field, 2.5mm wide (silver/aluminium) soldering pads				
Pmp	Eff(%)	Vmp	Imp	Uoc	Isc
W	%	V	A	V	A
2.72	17.6-17.8%	0.523	5.215	0.629	5.585

La CF genera cerca de 3 Watts bajo radiación solar directa. Sin embargo, para iluminar una casa habitación de 4 habitaciones durante la noche, usando focos ahorradores de 25 Watts, se necesita una potencia total de 100 Watts/hora. Un arreglo de 35 Celdas Fotovoltaicas funcionando bajo condiciones ideales seria apenas necesario para generar 100 Watts de potencia. Dado que las condiciones de un sistema nunca serán ideales, es necesario sobredimensionar el arreglo fotovoltaico

para asegurar la producción, (50 celdas = 136 Watts).

De acuerdo al efecto fotoeléctrico, la energía eléctrica producida por una CF es proporcional a la cantidad de luz incidente sobre ella, por lo que al poner 10 veces la cantidad luz sobre una CF teóricamente se debería obtener 10 veces la potencia. Siguiendo esta premisa, y observando los altos costos de un panel fotovoltaico, se usara una CF colocada en el punto focal de un concentrador, de manera que la potencia generada por la misma se multiplique de acuerdo al factor de concentración usado. Se pretende alcanzar un costo de generación menor sin sacrificar la eficiencia, logrando la difusión del uso de la energía solar.

Dado que los niveles de irradiación son variables y que la eficiencia de las CF se reduce con temperaturas sobre los 25 °C, debemos considerar un factor de concentración mayor. Se tomara un valor preliminar de 50, siendo requerida un área de apertura de 0.8 m².

B) Diseño estructural

El bajo costo del sistema es determinante, pues no se cuentan con recursos económicos ilimitados. Además, la

difusión del recurso solar reposa sobre el costo de los sistemas, por lo que deben buscarse alternativas para la selección de materiales de construcción, por lo que se buscó y encontró una estructura parabólica que pudiera reducir los costos de fabricación. El uso de una estructura predefinida restringe al proyecto a sus dimensiones, teniendo $0,67 \text{ m}^2$ de área de apertura. Se tomaron medidas de dicha pieza y se simuló en Catia.

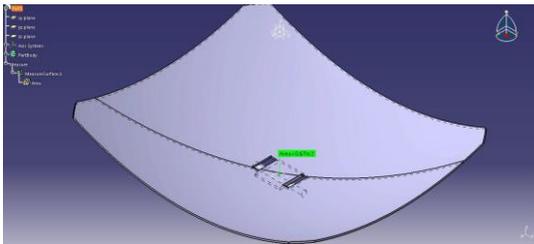


Figura 14. Estructura Parabólica.

Es necesario determinar dos ejes de giro, uno acoplado a la Antena, permitiendo el movimiento horizontal, y el otro acoplado a la base, permitiendo el movimiento vertical. Esta pieza es la que se deberá seguir la trayectoria virtual del sol para asegurar la máxima eficiencia posible. Se consideraron las monturas más usadas en seguimiento solar con 2 grados de libertad: Azimuth-altitud (azimuth-altitude dual axis trackers AADAT) y altitud-inclinación (tip-tilt dual axis trackers TTDAT) por tener mayor grado de libertad y menor complejidad de construcción.

Se diseñó una pieza en Catia que une la base con la Antena, permitiendo 2 grados de libertad. Consiste en una pieza central sobre la que se fijan 2 bases para un par de baleros genéricos, mientras que en el otro extremo se coloca 2 bases similares con orientación perpendicular a los primeros y situados a 9 cm uno del otro.

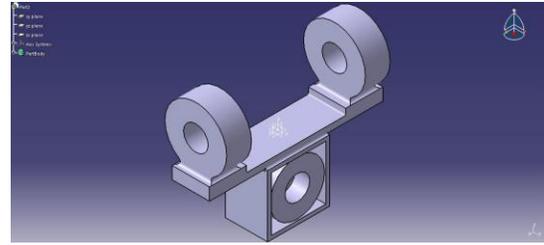


Figura 15. Soporte para ejes.

El siguiente paso consistió en diseñar una base de soporte central, capaz de soportar el peso de la Antena, aun ante vientos fuertes. Considerando el material disponible, se seleccionó un tubular cuadrado de acero calibre 14, por su resistencia estructural. Se requiere un eje fijo en esta base y acoplado a la pieza anterior. Una altura mínima de la torre central otorga una resistencia menor al viento y menor momento flector sobre la misma ($M= F \times L$).

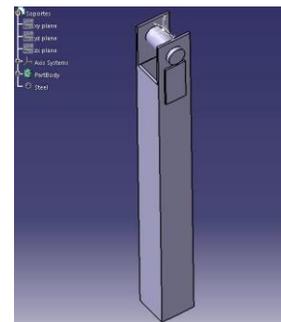


Figura 16. Columna central.

Para obtener un punto de apoyo que ofrezca solidez y resistencia sin necesidad de practicar grandes trabajos de instalación permanentes, como barrenado, excavación o soldadura, se seleccionó una base tripoidal en estructura tubular, que permitirá la fácil instalación y desinstalación del sistema.



Figura 17. Base tripoidal.

El ensamble final del producto resulto en la estructura mostrada en la figura 18

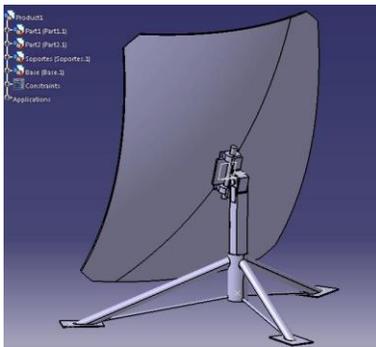


Figura 18. Concentrador parabólico.

Para simular las cargas mecánicas y los esfuerzos generados dentro de la estructura se lleva a cabo un análisis de elemento finito (**FEA**) considerando dos casos, el primero de ellos sin una carga añadida y el segundo considerando un viento de 35 km/h en dirección normal a la antena.

La fuerza ejercida por el viento sobre la estructura depende directamente de su velocidad, siendo la velocidad máxima registrada en ráfagas de alrededor de 90 km/h. La presión generada por una masa de aire se calcula con:

$$P = k\rho V^2 \quad (21)$$

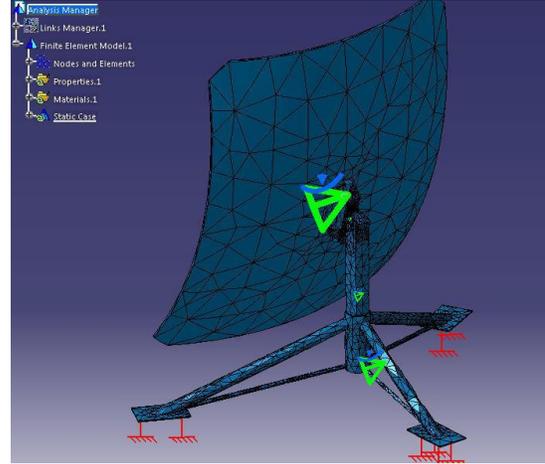


Figura 19. Análisis por mallas FEA.

Dónde:

ρ = densidad del aire que tiene un valor promedio de 1.2 kg / m^3

V = Velocidad del viento

C) Electrónica y control

En la sección anterior se presentó el diseño de una estructura con un par de ejes, dotando al sistema de 2 grados de libertad, por lo que se requiere un actuador, o conjunto de actuadores que sean capaces de mover la estructura en la dirección adecuada. Se observa una tendencia predominante a utilizar motores de corriente directa por sobre otro tipo de actuadores, debido a su sencilla implementación, control de velocidad y torque. El movimiento aparente del sol en el transcurso de una hora es de 15° ($360^\circ / 24 \text{ hr} = 15^\circ$) y $0,4^\circ$ diarios en declinación ($-23.54^\circ < < 23.54^\circ$). La velocidad de cambio en el ángulo horario es de apenas 0.000694 rpm . Un método para controlar la velocidad de los actuadores es necesario. La revisión literaria y el estado del arte permiten considerar distintos métodos, siendo los principales el uso de una resistencia variable, siendo la velocidad

angular dependiente del voltaje ($F= I \times B, I= V/R$, **control de armadura**) y el uso de la Modulación por Ancho de Pulso o **PWM** (Pulse Wide Modulation).

Es necesario detectar la luz incidente sobre el sistema y posicionarlo donde la irradiación sea mayor, a cada momento del día. Existen dos métodos de posicionamiento que cumplen con esta tarea, el seguimiento cronológico y el seguimiento activo. En el primero, el sistema se mueve a una velocidad constante de $15^\circ/\text{hr}$ y $0,4^\circ$ diarios, igualando el movimiento de la tierra. Este sistema es inmune a perturbaciones de nubosidad pero requiere una calibración manual para determinar el día del año y la hora del día. Un ejemplo de este sistema fue aplicado por Tecpoyotl-Torres et al. (2008).

El seguimiento activo es un sistema de control de lazo cerrado, con retroalimentación provista por sensores sensibles a la luz, en este caso LDR's. El sistema es vulnerable a variaciones por nubosidad pero se auto calibra al iniciar su funcionamiento.

Un modelo sencillo de un seguidor de luz consiste en un par de LDR's que funciona como divisor de voltaje. Cuando la luz incidente sobre las LDR es igual entre sí, el voltaje es de salida es de la mitad de la fuente. Se utiliza un amplificador operacional configurado como comparador, siendo la entrada positiva la salida del divisor de tensión, y la entrada negativa fija a una fuente secundaria con un valor prefijado de la mitad de la fuente principal. La salida del comparador se envía a la entrada que activa el giro positivo del motor, y a la vez, a una compuerta NOT, que se conecta a la entrada de giro negativo. De esta forma, el motor girara en un sentido

bajo la incidencia de luz, y en el sentido opuesto si el valor es distinto.

Por simplicidad de diseño, se utiliza un L298n, circuito integrado que contiene internamente 2 puentes H, con una capacidad máxima de 4 amperes.

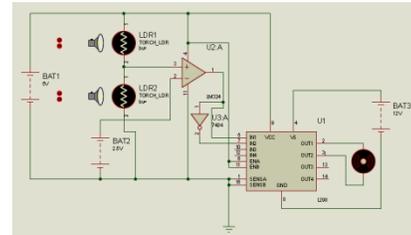


Figura 20. Seguidor luminico básico con L298n.

La salida del comparador se envía a la entrada que activa el giro positivo del motor, y a la vez, a una compuerta NOT, que se conecta a la entrada de giro negativo. De esta forma, el motor girara en un sentido bajo la incidencia de luz, y en el sentido opuesto si el valor es distinto.

Por simplicidad de diseño, se utiliza un L298n, circuito integrado que contiene internamente 2 puentes H, con una capacidad máxima de 4 amperes.

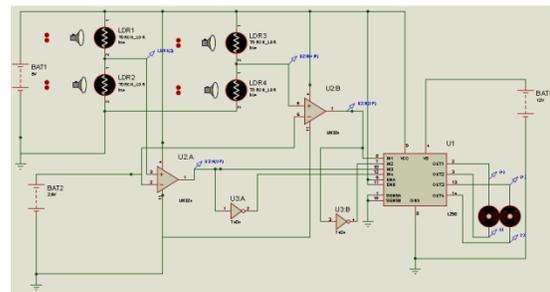


Figura 21. Seguidor Luminico Dual, con L298n.

El circuito dual presenta la desventaja de un giro continuo de los motores, lo que consume potencia

innecesaria, al no contar con un estado intermedio neutro. Es necesario determinar este estado neutro, por lo que una tercera LDR es ensamblada al circuito, formando un doble divisor de voltaje, cuya salida se envía a una segunda etapa comparadora, con un voltaje de referencia de un medio del voltaje de referencia de la etapa anterior. La salida del segundo comparador es negada y conectada a las terminales de giro negativo de los puentes H. Este arreglo permite que en igualdad de valores de incidencia lumínica, ambas entradas de giro sean activadas, provocando un freno

electromagnético del motor. El sentido de giro del motor queda definido por el valor de resistencia que sea menor.

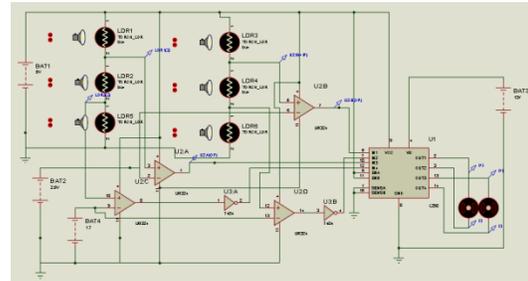


Figura 22. Seguidor Liminico, con estado de frenado electromagnético.

Conclusiones

Del trabajo mostrado anteriormente, se destaca el esfuerzo en la búsqueda de soluciones para la generación de energía alternativa a bajo costo, mediante el uso de los conocimientos aplicados de la diversas ramas de la ingeniería.

El objetivo principal de esta investigación fue generar una propuesta de un sistema de micro - generación de energía eléctrica mediante el diseño de un concentrador solar y proponiendo el uso de materiales reciclados para reducir el costo del dispositivo. Se destaca en el diseño del concentrador solar que puede ser implementado a muy bajo costo y utilizarse en aplicaciones de bajo consumo o en nuestros propios hogares.

El logro del objetivo principal fue soportado por el seguimiento de la metodología de diseño, la cual puede ser aplicada para cualquier tipo de producto.

Deberé entenderse que este diseño fue concebido para determinado consumo de energía y ya que la demanda de energía puede variar en distintas aplicaciones, el lector puede tomar como referencia la propuesta y adaptarlo a sus necesidades y requerimientos

Finalmente se concluye sin antes mencionar que es un excelente proyecto en la búsqueda de soluciones de generación de energía eléctrica alternativa a bajo costo y de alto impacto

Referencias

Abdallah, S., & Nijmeh, S. (2004). Two axes sun tracking system with PLC control. *Energy conversion and management*, 45(11), 1931-1939.

Almanza, R., y Muñoz, F. (2003). *Ingeniería de la Energía Solar*. México D.F.: Editorial Cromo Color.

Banco Mundial. (S.F.). [monografía en internet]. Consultado 2014 febrero. Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/>.

Castañer Muñoz, L. (1994). *Energía solar fotovoltaica*. España: Ediciones UPC.

Fernandez-Garcia, A., Zarza, E., Valenzuela, L., & Pérez, M. (2010). Parabolic-trough solar collectors and their applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 1695-1721.

Ibáñez Plana, M., Rosell Polo, J., & Rosell Urrutia, J. I. (2004). *Tecnología solar*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Jacobson, M. Z., & Delucchi, M. A. (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. *Energy Policy*, 39(3), 1154-1169.

Mlatho, J. S. P., McPherson, M., Mawire, A., & Van den Heetkamp, R. J. J. (2010). Determination of the spatial extent of the focal point of a parabolic dish reflector using a red laser diode. *Renewable Energy*, 35(9), 1982-1990.

Kelly, N. A., & Gibson, T. L. (2009). Improved photovoltaic energy output for cloudy conditions with a solar tracking system. *Solar Energy*, 83(11), 2092-2102.

Peña-Díaz, A. (S.F.). *Sistemas de concentración de energía solar*. Universidad de Los Andes Santafé de Bogotá D.C., Colombia [monografía en internet]. Consultado 2014 febrero. Disponible en: <http://www.lasenergiasrenovables.com/downloads/concentradoressolares.pdf>

Philippen, D., Konrad, A., & Leimgruber, B. (S.F.). *Construction manuelle d'un réflecteur cuiseur Scheffler de 2m²*. [monografía en internet]. Consultado 2014 Marzo. Disponible en: http://www.econologie.com/file/technologie_energie/Cuiseur_solaire.pdf

Ponniran, A., Hashim, A., & Joret, A. (2011). A design of low power single axis solar tracking system regardless of motor speed. *International Journal of Integrated Engineering*, 3(2): 5-9.

Tecpoyotl-Torres, M., Escobedo-Alatorre, J., Gomez-Vicario, M. A., Campos-Alvarez, J., Espinoza-Mendoza, J., Vera-Dimas, G., & Vargas-Bernal, R. (2008). Dspic control system of a solar follower. In: *High and Low Concentration for Solar Electric Applications III*, Martha Symko-Davies (ed.), Proc. of SPIE Vol. 7043, 70430L.

Ullman, D. G. (2010). *The mechanical design process*, 4th Edition, New York: McGraw-Hill.

ZENITH SOLAR (S.F.). Consultado 2014 Abril. Disponible en: <http://zenithsolar.com/product.aspx?id=287>

Zheng-ming Li, Yan-Yan Yan, Xiao-hui Xia. (2011). The Automatic Solar Tracking system. *Energy Procedia* 11 (2011) 4661-4667.

Diseño de un sistema híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua

Carlos Ponce Corral¹, Luz Angélica García Villalba¹, Raúl Ñeco Caberta¹, Rene Alberto Valenzuela¹

Resumen

En este artículo se lleva a cabo el desarrollo y simulación de un sistema de energía eólica-solar para el suministro de energía eléctrica a una zona rural donde no se cuenta con la red de distribución de energía eléctrica. El sistema que se propone es un sistema híbrido integrado por módulos fotovoltaicos, aerogeneradores y generadores diésel. En el pasado se utilizaban solo generadores diésel, que, en la modalidad operativa de baja carga, muestran una eficiencia reducida en el funcionamiento, altos costos de mantenimiento y un breve tiempo de vida de la instalación. La ventaja de los sistemas híbridos es que permiten reducir esos problemas y aprovechar los recursos renovables existentes sobre el territorio de la futura instalación, constituyendo una opción viable y favorable tanto ambiental como socialmente. La energía es una llave para el crecimiento, es un requisito esencial para el desarrollo económico y social de una nación, el incremento en el acceso a la electricidad facilita el desarrollo y mejora la calidad de vida de las personas. Las energías renovables son una alternativa muy importante para la generación de energía eléctrica, son limpias al no producir gases de efecto invernadero, permiten la descentralización de los sistemas de generación de potencia. Para países en vías de desarrollo, como México, esta tecnología no está al alcance de todos, debido a los elevados costos de instalación, pero con un marco legal estable, claro y bien difundido por parte del gobierno, el uso de esta tecnología puede llegar a alcanzar importancia el desarrollo del país.

Palabras clave: Sistema Híbrido, optimización, sistema de almacenamiento, sistema eólico, sistema solar fotovoltaico.

Introducción

Durante la historia reciente, la disponibilidad de la energía eléctrica y térmica para cualquier ha sido fundamental, ya los combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural han dominado el mercado de energía y todavía en el 2009 contribuyeron con un 81% a la demanda energética mundial (IEA, 2011). Sin embargo, el uso de estos combustibles presenta una serie complicaciones; por un lado la reproducción de los combustibles fósiles no tiene lugar a una velocidad significativa y, en consecuencia, pueden ser

considerados como recursos finitos, con repercusiones que con lleva en el precio y el posible peligro de agotamiento de las reservas, además, el impacto ambiental derivado del uso de los combustibles fósiles, tanto a escala local como global, ya no es posible no considerarlo como un factor importante en un contexto de sustentabilidad. Estos factores han contribuido al rápido crecimiento en las últimas décadas de las energías renovables, que aparecen como una solución importante para el futuro.

¹ Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Las energías renovables ofrecen la posibilidad de generar electricidad y calor prácticamente sin emisiones, a bajos precios operación y de manera sustentable, en conjunto con esto, cada país tiene un lógico interés aprovechar sus recursos renovables locales; en el caso de Noruega y de Brasil, debido a su topografía favorable, suministraron respectivamente el 96 y el 84% de la demanda doméstica con energía hidráulica en el 2009, mientras que España ha evolucionado como uno de los países líderes en las áreas de energía solar y eólica (IEA, 2011; Deshmukha y Deshmukhb, 2008).

El suministro de energía eléctrica en México ha aumentado bastante desde 1960, cuando su capacidad instalada de generación era de 3,021 MW. Desde entonces se interconectó a la red eléctrica nacional y se aumentó la tensión de transmisión hasta 400 kV y 230 kV, además de unificarse la frecuencia a 60 Hz. Se inició también con la construcción de plantas de energía a base de combustibles fósiles, grandes proyectos hidro y termoeléctricos, junto con el uso de energía geotérmica, nuclear y eólica a tal punto, que al 31 de diciembre del 2009, la capacidad efectiva en México era de 51,686 MW. Además, para el 2009 también se contaba con 812,282 km de líneas de transmisión y distribución (Comisión Federal de Electricidad, 2012).

En la actualidad, cerca de una cuarta parte de la población mundial carece de acceso la energía, realidad que afecta principalmente a comunidades rurales de países en desarrollo. La estrategia convencional para dar acceso a la electricidad consiste en extender la red eléctrica, pero esta solución se ve limitada cuando se trata de llegar a comunidades rurales dispersas y en zonas de difícil acceso. Los sistemas de electrificación

basados en fuentes de energía renovables han demostrado ser adecuados para proveer de energía a comunidades aisladas de forma autónoma. En concreto, las tecnologías eólica y solar son una de las opciones técnicas posibles. La energía es una parte fundamental de cualquier actividad productiva; su ausencia socava la posibilidad de un desarrollo sustentable. Así mismo, la generación, transporte, uso y consumo de esta, tienen un fuerte impacto sobre el medio ambiente y la calidad de vida de la población.

El sector energético de México representa entre el 4% y el 7% del PIB, genera cerca del 40% de los ingresos del sector público y produce cerca del 8% de las exportaciones. En el contexto Mexicano, el crecimiento de la energía rural descentralizada está basada en la productividad, a diferencia del paradigma convencional basado en pobreza, donde el servicio eléctrico se caracteriza por la cultura del no pago y la creencia de que la electricidad es un deber del Estado. Al igual que en muchos países, en México, las líneas de transmisión de alta tensión cruzan regiones donde la gente no tiene electricidad.

Las energías renovables ofrecen importantes oportunidades para aplicaciones en entornos donde la energía convencional no llega, o llega solo de manera parcial; esto es particularmente útil en el entorno rural, entre poblaciones con altos niveles de marginación. La falta de energía en comunidades rurales aisladas constituye una situación crítica, ya que suele estar asociada con la ausencia de telecomunicaciones, educación, servicios de salud, y frecuentemente, agua potable. Las instancias federales de política social juegan un papel crucial con los programas de apoyo, y en particular las políticas de lucha contra la

pobreza, que consideran la provisión de infraestructura básica como componente central. La estrategia de micro regiones, que incluye un fuerte componente de participación comunitaria, busca crear polos comunitarios de desarrollo para mejorar el acceso a agua, electricidad, educación, telecomunicaciones y servicios de salud.

Mientras tanto las comunidades rurales sin acceso a la electricidad satisfacen sus necesidades de iluminación y comunicaciones sociales con fuentes alternativas: velas de parafina, gas LP, gasolina, diésel y en algunos casos, baterías de automóvil.

Según un estudio de NREL (Nacional Renewable Energy Laboratory), el potencial estimado de México en cuanto a energía eólica es superior a los 50,000 MW. Para confirmar la factibilidad de áreas para establecer un parque o central eólica en México, se han realizado prospecciones del recurso eólico México a un nivel exploratorio y de reconocimiento punta (Institute of the Americas, 2012). Existen varios parques eólicos en México, de los cuales la mayoría se encuentran en Oaxaca, Baja California y Baja California Sur. De entre los que tienen mayor producción de energía se encuentran el de Piedra Larga, que cuenta con una potencia nominal total de 228 MW y tiene una producción anual estimada de 568 GWh, también está el parque eólico La Venta III, que cuenta con una potencia nominal total de 103 MW y una producción anual estimada de 257 GWh. Sin embargo, uno de los logros más notables es el parque eólico Eurus, el cual es el más grande de toda América Latina. Este parque es también el segundo en reducir emisiones de CO² por año, al lograr disminuir 600,000 toneladas, además de generar suficiente energía para abastecer el consumo de una población de 500,000

habitantes. Dicho parque cuenta con 200 aerogeneradores y tiene una potencia nominal total de 250 MW y una producción anual estimada de 626 GWh.

La energía solar se debe a la continua reacción termonuclear que se lleva a cabo en el interior del sol. La reacción básica en el interior del sol es la fisión nuclear en la cual cuatro protones de hidrogeno se combinan para formar un átomo de helio, dando como sobrante una masa que se convierte en energía en forma de radiación electromagnética. La energía que llega a la atmosfera de la tierra es aproximadamente de 1353 W/m² al ser medida sobre una superficie perpendicular a la dirección de su propagación. A este valor se le denomina Constante Solar y se reduce a 1000 W/m² al llegar a la corteza terrestre debido a los gases atmosféricos, el vapor de agua o el polvo (Alcor, 2008). Las celdas fotoeléctricas son dispositivos que aprovechan la acción de radiaciones luminosas sobre ciertas superficies metálicas. Existen tres tipos de radiaciones y se dividen por el efecto que producen:

1. Efecto fotoemisivo, provoca un arranque de electrones con liberación de los mismos en el metal.
2. Efecto fotoconductor, modifica la conductividad eléctrica del metal.
3. Efecto fotovoltaico, crea una fuerza electromotriz en el metal, este efecto hace posible que las celdas fotovoltaicas que generan el paso de la corriente de manera proporcional al flujo luminoso recibido.

El poblado Cerro Prieto, en el municipio de Balleza, se localiza aproximadamente a 200 km al sur de la ciudad de Chihuahua está compuesto por 175 habitantes, y cuenta con 50 viviendas que carecen del servicio de energía y se

encuentran alejadas de la red eléctrica. Esto se traduce en desventajas en materia de seguridad y rezago social y económico, lo cual disminuye el nivel de calidad de vida de estas personas. La problemática radica en el costo de construcción de la línea de distribución, ya que el costo aproximado de una línea de distribución es superior a los 150,000 pesos por kilómetro, y la demanda básica de 50 viviendas es de alrededor de 4

MWh al mes, la extensión de la red hasta el poblado no es un proyecto económicamente viable (Rocha, 2003). Esta investigación se enfocará en el diseño un sistema de generación de electricidad mediante energía solar y eólica que se autoabastezca y que pueda ser utilizado para satisfacer las necesidades básicas energéticas del poblado de Cerro Prieto, así como la de cualquier comunidad rural con una situación similar.

Metodología

Los HRES (Sistemas de Energía Híbridos Renovables, por sus siglas en inglés) integran dos o más generadores de energía, y en la mayoría de los casos se utilizan generalmente fuera de la red eléctrica. Generalmente se utiliza un generador convencional alimentado con diésel, junto con un generador asociado a una fuente de energía renovable, como por ejemplo: la solar, eólica, o incluso solar-eólica. El costo inicial en los sistemas a base de energía solar o eólica son mayores que un generador a base de diésel, sin embargo, los costos en mantenimiento y operación, se reducen drásticamente para los sistemas de energías renovables. Los sistemas híbridos deben de llenar el criterio de modularidad, robustez y simplicidad, además de requerir bajo mantenimiento. Estos combinan los sistemas de fuentes alternativas junto con baterías para almacenamiento de energía, que se utilizan para almacenaje de energía, y equipo de condicionamiento de potencia, que se utilizan para mantener la calidad de la potencia de energía (Yamegueu et al., 2011). Una de las condiciones para el uso de los HRES, es que deben aprovecharse las condiciones existentes en los lugares donde se planea instalar este tipo de sistemas. La mayoría de los países en desarrollo cuentan con regiones en las que se pueden aprovechar recursos eólicos, hidráulicos,

solar y biomasa. La ventaja de un suministro de energía a largo plazo, el cual puede ayudar a reducir la dependencia de la importación de energéticos, que los HRES permiten integrar las fortalezas, tanto las energías convencionales como las renovables, los investigadores han logrado diseñar en la última década, alternativas en producción de electricidad. Los elementos que maneja el análisis de este proyecto se limitan a un sistema fotovoltaico, eólico y de baterías, sin embargo, el término HRES puede involucrar el uso de otros sistemas de generación.

Generador fotovoltaico (PV, por sus siglas en inglés). La radiación electromagnética de la energía solar puede convertirse en electricidad a través del efecto fotovoltaico. La celda solar se compone de una unión p-n, fabricada de una capa delgada de un semiconductor. Al exponerse a la luz solar, los fotones con la energía suficiente como para romper la banda ancha de energía del semiconductor es absorbido y crean pares de electrones huecos de manera proporcional a la irradiación incidente. Bajo la influencia de los campos eléctricos internos de la unión p-n, estos portadores son barridos y crean una fotocorriente que es directamente proporcional a la radiación solar. El modelo PV tiene características de corriente-voltaje

del módulo solar, como se muestra en la figura 1. En este modelo, en cada paso de la simulación se determina el Punto de Máxima Potencia (MPP, por sus siglas en inglés).

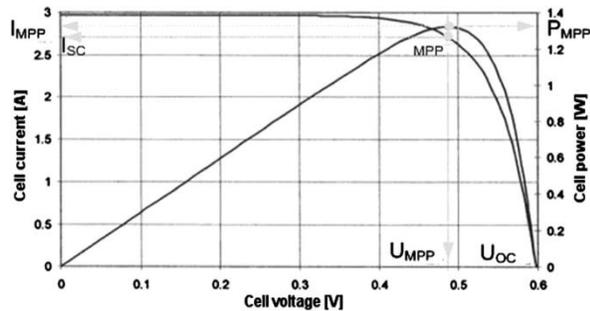


Figura 1: Características del módulo solar de corriente-voltaje.

Las entradas, salidas y parámetros del modelo se enlistan en la Tabla 1. De hecho, los parámetros pueden consultarse en las hojas de datos del fabricante de los módulos solares. La cantidad de energía generada por un arreglo PV depende del voltaje al que opere el arreglo y en el MPP, el cual varía con la radiación solar y con la temperatura. El MPP especifica un punto de operación único, en el cual es posible extraer la máxima potencia posible, es decir, tiene su máxima eficiencia. (Bajpai & Dash, 2012). Se han desarrollado muchos métodos para el seguimiento del MPP. Una forma de mejorar la potencia y eficiencia del módulo solar es instalarlo en el mejor ángulo, para aprovechar la luz solar incidente.

Tabla 1. Parámetros del modelo fotovoltaico

Parámetro	Parámetros de un modelo PV Descripción	Unidad
<i>Entrada</i>		
TU	Temperatura Ambiente	[°C]
G	Radiación Solar	W/m^2
<i>Salida</i>		
PMPP	Potencia en MPP	[W]
VMPP	Voltaje en MPP	[V]
<i>Parámetros del módulo PV</i>		
PSTC	Potencia bajo condiciones estándar en MPP	[W]
VOC, STC	Voltaje de corto circuito bajo condiciones estándar	[V]
ISC, STC	Corriente de corto circuito bajo condiciones estándar	[A]
ICOEF	Coefficiente de temperatura de la corriente de corto circuito	$V/^{\circ}C$
VCOEF	Coefficiente de temperatura de la voltaje de corto circuito	$A/^{\circ}C$
F	Área del módulo solar	m^2
A	Parámetro A para determinar la temperatura del módulo	[°C]

Generador eólico. El proceso del sistema de conversión de energía eólica se muestra en la figura 2.

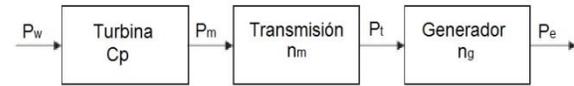


Figura 2: Proceso básico del sistema de conversión de energía eólica.

El generador eólico es un generador que convierte la energía cinética del viento en trabajo mecánico. La curva de potencia del generador describe la relación entre la variable de entrada de la velocidad del viento en m/s y la variable de salida de la potencia eléctrica en W, como se muestra en la figura 3. La hoja de datos del generador de viento proporciona los parámetros que se utilizan para modelar el dispositivo (Panahandeh et al., 2011).



Figura 3: Curva de potencia de un generador de 5 kW.

La tabla 2 muestra los parámetros que se consideran en el modelo eólico.

Existen tres factores que determinan la potencia de una turbina (Thapar et al., 2011):

a) La distribución del viento donde la turbina sea instalada, por tanto, se debe elegir un sitio con un buen potencial de energía eólica. Ya que la velocidad del

viento varia, incluso de segundo a segundo, se utiliza una función de distribución de probabilidades de Weibull, la cual describe la velocidad del viento más adecuada.

b) La altura de la turbina. Existen muchas relaciones que se utilizan para encontrar la variación del viento a una altura determinada. Ya que son muy complejas, se utilizan expresiones mucho más simples, que aunque no son exactas, sus aproximaciones son satisfactorias.

c) La curva de potencia eléctrica de salida. Esta información la genera y proporciona el fabricante, ya que cada generador cuenta con diferente diseño y clasificación.

Tabla 2: Parámetros del modelo de un generador eólico

Parámetros de un modelo de un generador eólico		
Parámetro	Descripción	Unidad
<i>Entrada</i>		
TU	Velocidad del viento	[m/s]
<i>Salida</i>		
PW	Potencia eléctrica de un generador eólico	[W]
Característica	Curva de potencia: Relación entre potencia eléctrica y velocidad del viento $PW = f(VW)$	[W]

Para pronosticar el desempeño de un generador eólico, se requiere de un análisis de modelos que predigan el clima. Celik (Deshmukha & Deshmukhb, 2008) desarrolló un método simplificado para estimar el desempeño mensual de los sistemas de energía eólica. Este método requiere de una distribución Weibull para establecer los parámetros mensuales de distribución del viento, la proporción de la energía a la carga y la proporción de la batería a la carga. De esta manera el sistema funciona de forma autónoma y aunque no se cuenta con la información del viento, se cuenta con un estimado del desempeño. Una expresión generalizada para caracterizar la

velocidad del viento en forma estadística es la función de densidad de probabilidad Weibull:

$$f(x) = \frac{k}{c} \left(\frac{x}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{c}\right)^k}$$

Donde:

k Factor de forma.

c Factor de escala.

Para introducir esta variable aleatoria (velocidad del viento) se utiliza la función de probabilidad inversa.

$$F^{-1}(u) = \beta(-\log(1-u))^{\frac{1}{\alpha}} \quad 0 < u < 1$$

Donde u es un número aleatorio, distribuido uniformemente entre 0 y 1. La potencia P (Watts) del aerogenerador está dada por la ecuación;

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Donde el valor de P es la densidad del aire en el lugar donde se localiza la turbina, con un valor de 1.225 kg/m, A es el área de barrido de las palas y v es la velocidad del viento en m/s.

Generador diésel. Los generadores diésel como respaldo han ganado popularidad desde hace bastante tiempo, sobre todo por su disponibilidad las 24 horas a un precio barato. Sin embargo, con los costos cada vez mayores del combustible fósil y con la preocupación sobre las emisiones nocivas de carbono, se han vuelto menos preferidos, además, la eficiencia del sistema baja cuando debe reducirse el generador para igualar a la potencia nominal (Bajpai & Dash, 2012).

Banco de baterías. El modelo de la batería muestra un comportamiento estacionario en

aplicaciones para sistemas de suministro de potencia, y pueden simular carga y descarga de la batería. Las entradas del modelo son potencia eléctrica, temperatura ambiente y valor medio de la corriente de descarga. Si el signo de la potencia es positivo la batería está cargando, y si es negativo, la batería se descarga. El estado de la carga (SOC, por sus siglas en inglés) es la salida del modelo de la batería. Contar con una batería de respaldo permite al sistema que sea más fácil de utilizar. El cálculo del tamaño óptimo del almacenaje de la batería para un HRES se hace mediante el estudio de la variación existente en la capacidad de la batería al generar potencia mediante sistemas híbridos (Deshmukha & Deshmukhb, 2008). Para lograr las condiciones de voltaje y corriente que la carga o el inversor requieran, las baterías se conectan en arreglos serie-paralelo. Las baterías para uso fotovoltaico tienen que cumplir los siguientes requisitos (Suárez Velázquez, 2010): Bajo valor de auto descarga, larga vida útil, mantenimiento casi nulo, elevado número de ciclos de carga-descarga y capacidad de almacenamiento adecuada. Más del 90% de los acumuladores del mercado corresponden a baterías de plomo-acido, las cuales son generalmente las que mejor se adaptan a los sistemas de generación fotovoltaica, por lo que se consideran las baterías de este tipo en este proyecto. De entre las características de algunos tipos de acumuladores de energía, se destacan:

a) El volante de inercia. Se trata de un elemento mecánico capaz de almacenar energía cinética, usando la inercia restante en un sistema. Esa energía cinética se puede transformar en energía eléctrica.

b) Superconductores magnéticos. Los sistemas de almacenamiento de energía por superconductores magnéticos (SMES, por sus siglas en inglés) almacenan energía en

forma de campo magnético creado por el flujo de corriente directa en una bobina superconductora refrigerada a una temperatura debajo de su temperatura crítica de superconductividad.

c) Acumuladores de Níquel-Cadmio. De entre las ventajas que tienen estos acumuladores frente a los de Plomo-acido, es que tienen la posibilidad de ser utilizados sin elemento regulador, la posibilidad de permanecer largo tiempo con bajo estado de carga y no requieren de demasiado mantenimiento. Sin embargo, su costo se cuadruplica con respecto a los acumuladores de Plomo-ácido y tienen baja capacidad de régimen de descarga lenta, por lo que no se recomiendan para sistemas fotovoltaicos.

d) Ultracapacitores. Los ultracapacitores se sugieren como dispositivos que ofrecen energía de alta densidad, en comparación con los capacitores regulares y las baterías. También tienen una alta eficiencia (mayor al 90%) y pueden resistir un gran número de ciclos de carga y descarga (Bajpai & Dash, 2012).

El controlador. El controlador determina la energía disponible para cada componente del sistema y es capaz de proporcionar el costo de producción, la energía que requiere la carga y la que se desperdicia, y las pérdidas de carga y descarga de la batería. El modelo funciona de la siguiente forma: Las fuentes de energía primaria se conectan al puerto de corriente directa mediante convertidores DC-DC para obtener una potencia regulada y un voltaje constante. Generalmente se utilizan dos convertidores DC en cascada después de generadores eólicos y solares. El primero para el seguimiento de máxima potencia, y el segundo para regular el voltaje. De igual forma, las cargas DC y AC se conectan al puerto DC a través de convertidores AC-DC y DC-DC. De esta forma se suministra

potencia a las carga. Las baterías y los ultracapacitores se conectan al puerto DC de manera bidireccional a través de convertidores DC-DC para cargar y descargar electricidad. Los generadores diésel se conectan a través de convertidores AC-DC. Las celdas de combustible y el electrolizador necesitan convertidores DC-DC individuales para regular y convertir la potencia de salida.

Optimización. Para el diseño, existen dos formas en que se pueden optimizar a los HRES. La primera es: minimizando el Costo del Valor Presente (NPC, por sus siglas en ingles), es decir, reduciendo el costo de la inversión más el costo de mantenimiento durante el ciclo de vida del sistema. La otra es minimizando el Costo de Nivel de Energía (LCE, por sus siglas en ingles), es decir, el total de las HRES dividido entre la energía que suministra el sistema. Existen además, restricciones que generalmente se incluyen en la confiabilidad y que evalúan la reducción mediante los siguientes parámetros (Bernal-Agustín & Dufo-López, 2009): LOLP (Probabilidad de Perdida de la Carga, por sus siglas en ingles). Es la probabilidad de falla dividida en un periodo de tiempo (generalmente un año).

La probabilidad de pérdida de suministro de potencia (LPSP, por sus siglas en ingles). Es la probabilidad de una insuficiencia de fuente de potencia que resulta en que el HRES sea capaz de satisfacer la demanda. Carga Insatisfecha, es la carga que no llega a su destino dividida entre la carga total durante un periodo de tiempo (generalmente un año). Tasa de Carga Cubierta, se define como la proporción de energía entregada a la carga. Estas técnicas de distribución se utilizan para proporcionar con la probabilidad al sistema. Notton et al. (Deshmukha & Deshmukhb, 2008) presentaron un modelo

matemático para determinar el tamaño de un sistema híbrido PV mediante LOLP. Los autores resaltaron que la solución óptima puede obtenerse si el sistema PV contribuye con el 75% de los requerimientos de energía.

Varias técnicas de optimización tales como programación lineal, enfoque probabilístico, técnicas de iteración, programación dinámica, y programación multi-objetivo se utilizaron por los investigadores para diseñar un sistema híbrido que sea económico. Celik (*ibid.*) presentó una simulación Monte-Carlo para calcular la confiabilidad junto con el costo que tendrá.

Mediante el uso de LOLP, se decidió la proporción óptima del generador PV y eólico en base al gasto del capital y al nivel de autonomía anual. Además, Celik (*ibid.*) presentó un análisis técnico económico basado en un análisis eólico-solar para un sistema autónomo. Se observó que la combinación óptima de energía eólica-solar provee al sistema de un mejor desempeño que de una sola fuente de energía al mismo costo y con igual capacidad de batería. Rahman y Chedid (Nema et al., 2009) proporcionaron el diseño óptimo de sistemas eólico-solar para aplicaciones ya sea autónoma o conectada a la red eléctrica. Ellos utilizaron técnicas de programación lineal para minimizar los costos de producción de electricidad de una manera confiable y tomando en cuenta los factores ambientales en las etapas de diseño y operación.

La curva existente entre el banco de baterías y la capacidad del arreglo PV para la LOLP, ayuda a encontrar a la mejor configuración al menor precio disponible. Se utilizan técnicas de programación lineal para minimizar el costo de producción de electricidad promedio y al mismo tiempo

suministrar electricidad de una manera confiable y que toma en cuenta a los factores ambientales en su diseño y operación. En cuanto a reducción de costos, el valor económico de la potencia del sistema depende de la localización del sistema y tendencia de producción de energía. Dicho valor es afectado por la distancia entre la subestación de potencia y la carga, y por las condiciones de producción la carga.

El valor de la potencia de los HRES en la red toma en cuenta la reducción de costos de producción de energía, tales como ahorro en consumo de combustible, costos de generación y mantenimiento, los costos de transporte y, en algunos casos, la reducción de riesgo posibles situaciones de escasez de energía en horas pico. El valor de potencia puede aumentar o reducir las pérdidas de energía, mejorar la calidad del servicio en horas pico, mejorar la red de distribución de energía y reducir el impacto ambiental (Deshmukha & Deshmukhb, 2008).

Módulos y Arreglos Fotovoltaicos. Las celdas solares se conectan en serie para obtener un voltaje de salida adecuado, y para un nivel de corriente apropiado se conectan en paralelo, formando un módulo fotovoltaico. Ya que los sistemas fotovoltaicos operan en múltiplos de 6, 12, 24 volts etc., los módulos se diseñan para funcionar bajo estas características.

El objetivo es diseñar un sistema donde el voltaje máximo del módulo produzca el voltaje suficiente bajo las condiciones de radiación promedio. Los módulos, a su vez, se conectan en serie o paralelo para formar arreglos, con los cuales se genera determinada corriente y voltaje requeridos. Al considerar a un arreglo como varios bloques PV más pequeños, se puede interpretar el funcionamiento eléctrico en situaciones que pudieran resultar

problemáticas. La curva de corriente-voltaje esta proporcionada a la curva de corriente-voltaje de una celda. Por ejemplo, si un módulo cuenta con 72 celdas conectadas en serie, y un arreglo tiene 10 de estos módulos en serie, el voltaje de circuito abierto del módulo en serie tendrá una proporción de 720 veces más que el de la celda.

Además, la corriente de corto circuito puede calcularse de una manera similar en base a las celdas en paralelo, junto con el cálculo del punto de máxima potencia que es un valor en proporción al producto del número de celdas en serie por el de arreglos en paralelo (Solmetric, s.f.). El dimensionado de un sistema fotovoltaico se refiere al proceso de cálculo y selección de los diferentes componentes y subsistemas que constituyen una instalación fotovoltaica.

Todos los elementos que se utilizaran deben tener una relación entre si equilibrada. Para el correcto funcionamiento del sistema en conjunto, se debe tener en cuenta que los componentes utilizados sean adecuados para la tarea que deben cumplir. Existen diversos métodos para el cálculo y dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas, dentro de todos estos se utilizara el denominado método del peor mes o del mes más desfavorable por ser, el que ofrece resultados suficientemente precisos, con una metodología intuitiva y fácilmente entendible (Suárez Velázquez, 2010). Este método consiste en dimensionar el sistema para satisfacer las demandas de energía eléctrica en el mes más desfavorable, en el entendido que en el resto del año, el sistema podrá suministrar de manera sobrada la energía eléctrica demandada.

Podría pensarse a primera vista que el peor mes corresponderá a algunos de los meses de invierno, por ser estos en los que menos radiación solar se recibe. Aunque

esto puede ser frecuentemente correcto, se debe tener en cuenta también la aplicación para la cual se utilizará el sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta el uso que se le dará a este cada mes. Debe por consiguiente, evaluarse el cociente entre la energía demandada y la energía solar incidente para cada mes para el que el valor obtenido es mayor. Los pasos que deben seguirse para aplicar el método del peor mes son los siguientes:

- Determinación del promedio de la energía eléctrica diaria solicitada por la instalación receptora, determinación del promedio de irradiación diaria disponible en el lugar de ubicación de los módulos fotovoltaicos, para cada mes, cálculo del cociente mensual entre los dos valores anteriores $Y = E_{elec} / H_s$,
- Determinación del peor mes o del mes más desfavorable, el que corresponda el valor Y_{max} , valor máximo de Y , elección del tipo de panel fotovoltaico, y en especial la potencia pico del panel P_{mod} , expresada en W_p , watts-pico, cálculo del número de módulos o paneles fotovoltaicos necesarios, $N_{s,mod}$, y de la potencia total instalada en el sistema de captación, cálculo del número de paneles conectados en serie, $N_{s,mod}$, y del número de módulos conectados en paralelo $N_{p,mod}$,
- Determinación del promedio de la energía eléctrica diaria El primer paso para el dimensionado, es calcular la energía del consumo eléctrico según los requerimientos del lugar donde se implementara el sistema, el valor de consumo será un promedio, y serán las potencias consumidas por el tiempo en sean utilizadas, donde la energía total de cada aparato está dada por la ecuación:

$$\text{Energía } E = N \cdot P \cdot hr \text{ (Wh)}$$

Y el consumo total diario está dado por:

$$E_{cc} = \sum e_i$$

donde E_{cc} , es la energía total de consumo diario en corriente directa.

El siguiente paso consiste en estimar, para cada mes el promedio de la irradiación solar que incide durante un día, sobre un metro cuadrado de una superficie situada en el lugar donde se utilizaran los mismos. La estimación puede realizarse mediante datos estadísticos del lugar o con el uso de aparatos de medición, para fines de esta investigación se utilizaran datos estadísticos del lugar, para cada uno de los meses del año, se calcula el cociente entre el consumo medio total de energía eléctrica, E_{elec} y el promedio de la radiación diaria disponible en el lugar de uso de los módulos fotovoltaicos. Este cálculo dará como resultado la superficie total requerida para cumplir con la demanda de potencia, el cálculo se realizara mediante la ecuación:

$$Y = E_{elec} / H_s.$$

El sistema fotovoltaico se dimensiona para cubrir las necesidades del mes más desfavorable del año en el lugar de uso de los módulos fotovoltaicos, es decir, el mes en que el cociente entre el consumo total diario y el promedio de la radiación correspondiente al valor de Y sea máximo. Llegando este punto ya debe de estar determinado el panel fotovoltaico a utilizar, para calcular la energía pico producida por un único panel fotovoltaico, de la potencia pico escogida, P_{mod} (W_p), durante un día cualquiera.

Debe tenerse en cuenta que la potencia pico de un panel es la potencia que produce en condiciones estándar que suponen una radiación incidente de 1 kW/m^2 . Según lo anterior, la energía producida durante una hora por un panel de potencia pico P_{mod} (W_p) sobre el que incide

una radiación solar de intensidad de 1kW/m^2 , incide sobre el panel durante HPS horas (horas pico de sol), la energía solar producida por el panel será igual a:

$$Hs (kWh\ m - 2\ dia - 1) \cdot P_{mod} (Wp)$$

El cálculo del número de módulos vendrá dado por las ecuaciones:

$$N_{mod} = ST, mod / S_{mod}$$

$$N_{mod} = 1.1 \cdot ST, mod / S_{mod}$$

En esta fase del dimensionado, debe estar definida la tensión del subsistema de acumulación VT , si la tensión del módulo es V_{cel} , entonces el número de módulos fotovoltaicos que deberán conectarse en serie vendrá dado por la ecuación:

$$N_{s, mod} = VT, acu / V_{cel}$$

El número de módulos conectados en paralelo, $N_{p, mod}$ viene dado por la ecuación;

$$N_{p, mod} = N_{mod} / N_{s, mod}$$

Por último el número total de celdas solares, N_{mod} , es dado por la ecuación:

$$N_{mod} = N_{s, mod} \cdot N_{p, mod}$$

Módulo Eólico. Una turbina de viento captura la energía cinética del viento en un rotor, el cual puede tener dos o más aspas, y que están acoplados a un generador eléctrico. La turbina se posiciona en una torre, a varios metros del suelo, para maximizar la captura de energía. Se pueden establecer dos o más turbinas cerca, formando un parque eólico, el cual generara una potencia requerida. Otro factor que incluye en la cantidad de energía recolectada es la localización, puesto que mayor sea la fuerza del viento que golpea en cierto lugar, mayor será el aprovechamiento de la turbina.

Sistema de Baterías. Para el máximo aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, considerando que no siempre están disponibles, es esencial utilizar baterías como mecanismo de

almacenamiento de energía eléctrica. Las baterías se utilizan en toda clase de sistemas eléctricos para satisfacer la demanda de la carga durante un periodo de tiempo en que la fuente de energía renovable, de la cual se alimenta el sistema, no se encuentre disponible (Panahandeh et al., 2011).

Una vez terminada la selección de la tecnología que mejor se acomoda a las necesidades del sistema, se lleva a cabo el dimensionado del sistema de almacenamiento, para lo cual es necesario considerar los siguientes datos: Las cargas eléctricas $E_{dia(mes)}$, datos de la radiación solar, características eléctricas de la batería, número de días de autonomía $N_{d.aut}$ (que se desea que la instalación pueda funcionar en forma autónoma sin necesidad de que exista irradiación solar), profundidad de descarga máxima permisible (PD) y la eficiencia (E_{bat}) para el modelo de batería seleccionado), tensión de trabajo (V_n) de la instalación. Entonces, la capacidad nominal de las baterías C_{nom} se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$C_{nom} = E_{dia(mes)} \cdot N_{d.aut} / (V_n \cdot PD \cdot E_{bat}).$$

En el caso de que la tensión de la batería sea menor que la nominal del sistema se deberá de colocar el número de baterías en serie siguiente:

$$N_{bs} = V_n / V_{nbat}$$

Una vez obtenida la potencia producida en cada hora por los paneles, se obtiene un modelo donde se muestran las potencias que actúan en el sistema, para lo cual es utilizada la expresión:

$$P_{operaci\o{n},(t-1)} + P_{carga,t} - P_{descarga,t} = P_{operaci\o{n},t}$$

Dónde: $P_{operaci\o{n},(t-1)}$ es la potencia de operación del periodo anterior ($t-1$), en Wh . $P_{carga,t}$ es la potencia suministrada por los paneles solares en el periodo t , en Wh . $P_{descarga,t}$ es la potencia que se consume en

el periodo t , en Wh . $P_{operaci\acute{o}n,t}$ es la

potencia que resulta en el periodo t , en Wh .

Resultados

El caso de estudio se realizó en el poblado La Noria, localizado 1070 msnm y ubicado aproximadamente unos 200 km al sur de la ciudad de Chihuahua, en el municipio de San Isidro y cuenta con una población de 107 habitantes. Se encuentra en las coordenadas $26^{\circ} 56' 36''$ norte y de $106^{\circ} 4' 3''$ este. Se estiman 20 casas de aproximadamente 5 habitantes cada una, con 22.78 kWh de carga diaria promedio anual, que consume todo el pueblo. Debido al costo elevado que requiere electrificar el poblado (Rocha, 2003), es necesario alimentar dicha carga utilizando fuentes alternativas de energía, como son las energías renovables. En este caso, mediante la energía solar y la energía eólica.

Para establecer la carga promedio de un poblado de tales dimensiones, se asume el consumo y número de los aparatos eléctricos que se utilizarían, tanto a nivel público, como a nivel familiar. Se establece el consumo de dos tipos diferentes de casas, de la iluminación pública, y el consumo para una escuela, la cual cuenta con una bomba de agua. Se establece tanto el consumo diario como el consumo mensual, como puede observarse en la tabla 3.

Para cubrir con el suministro de la demanda eléctrica, se cuenta con diferentes tecnologías existentes. Este proyecto propone los siguientes componentes en el sistema. Un arreglo fotovoltaico, para el aprovechamiento de la irradiación solar. Una turbina eólica, para el aprovechamiento del viento. Una batería de plomo-acido, con la cual el sistema se autoabastecerá cuando los generadores no se encuentren disponibles. Un generador diésel como respaldo, ya que

las energías renovables se distinguen por su comportamiento impredecible. Un convertidor de corriente con el cual transformar la CD del arreglo fotovoltaico, de la turbina de viento y de la batería en CA.

Tabla 3: Tabla de cargas estimadas para el consumo del poblado La Noria.

Carga	Potencia Nominal (W)	Número de aparatos empleados	Energía (Wh/d)
Escuela			
Iluminación	25	2	900
Computadora	200	3	2400
Bomba de agua	1000	1	3000
Radio	15	1	45
Pueblo			
Iluminación	25	4	500
10 Casas Tipo 1 (5 habitantes)			
Iluminación	25	1	2250
TV	80	1	2000
Radio	10	1	550
Refrigerador	150	1	5940
10 Casas Tipo 2 (5 habitantes)			
Iluminación	25	2	2250
TV	80	1	2400
Radio	10	1	550
Carga total diaria			22.785kWh/día
			683.55kWh/mes

Tabla 4: Datos de radiación solar

Mes	Radiación Solar (kW/m^2)		
	Global	Directa	Difusa
Enero	4.59	3.89	0.75
Febrero	5.53	4.61	0.95
Marzo	6.61	5.28	1.10
Abril	7.15	5.45	1.65
Mayo	7.61	5.67	1.75
Junio	7.41	5.19	2.05
Julio	6.93	4.76	2.10
Agosto	6.35	4.25	2.00
Septiembre	5.90	4.06	1.60
Octubre	5.33	3.80	1.20
Noviembre	4.70	3.71	0.80
Diciembre	4.17	2.98	0.77

Los datos son obtenidos en el sitio web del SENER (Secretaría de Energía) y de la NASA (s.f.). Dichos datos establecen una irradiación solar promedio de 6.1 kWh/m^2 por día y una velocidad del viento promedio

de 6.15 m/s. Las Tablas 4 y 5 muestran los valores de irradiación solar y velocidad del viento de acuerdo a bases de datos del SENER. El proyecto implementa los valores sobre la velocidad del viento que utiliza el SENER, mientras que los valores sobre la velocidad del viento se toman de los valores de la NASA, por ser más precisos.

Tabla 5: Velocidad del viento a 50 m.

Mes	Viento (m/s) sobre 50 m
Enero	7
Febrero	8.3
Marzo	8.2
Abril	8.1
Mayo	5.7
Junio	5.8
Julio	5.1
Agosto	4.9
Septiembre	4.8
Octubre	4.8
Noviembre	5.1
Diciembre	5.6

Los modelos de los elementos contemplados para el proyecto son: Para el arreglo fotovoltaico, se utilizan 12 módulos de la marca HJ con una capacidad de producción de energía de 250 Watts cada uno. El costo total del equipo está valuado en 3, 275 USD. Para la turbina eólica se considera una turbina tipo BWCVL.1, con una potencia nominal de 1 kW, de la marca Bergey Windpower. Se consideran las baterías con una capacidad nominal de 225 Ah y un voltaje nominal de 6 V, con cada arreglo de 3 baterías en serie, del modelo Trojan T-105, con un valor de cada batería cuesta 75 USD. Debido a las necesidades del sistema, se eligió la opción ya mencionada. El generador diésel utilizado tiene una potencia nominal de 3 kW y es de la marca ST. Se emplea un generador con una capacidad de 3 kW, el cual tiene un costo de 325 USD. El tipo de convertidor empleado tiene una capacidad de 5 nominal de Watts y su modelo es el Goldsource AR-5000. El sistema únicamente requiere de un

convertidor, por lo que se eligió uno con un costo de 200 USD. El sistema se configura en dos tipos de conexiones: en CD y en CA. Ya que el consumo de la carga es en CA, se busca convertir toda la electricidad producida por los generadores a esta misma. El único generador cuyo diseño permite producir CA es el diésel, el cual se conecta directamente a la red que distribuye la energía a la carga. Tanto el arreglo PV, la turbina y el arreglo de baterías funcionan en CD, por lo cual se conectan al convertidor inversor, cuya función es la de convertir la CD en CA. Una vez tienen CA, pueden conectarse también a la red que se dirige a la carga. Esta conexión se muestra en la figura 4.

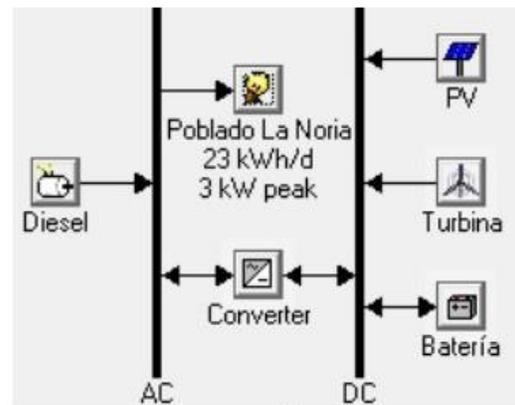


Figura 4: Conexión del sistema HRES.

Una vez definida la forma de las conexiones de cada elemento, se lleva a cabo la simulación del sistema. La simulación realizada permite además, comparar los resultados para obtener una proyección realística del capital y de los gastos de operación y mantenimiento. La configuración de los sistemas puede variar, empleando más generadores de algún tipo o bien, eliminándolos de la simulación. La simulación, produce un valor de 0.405 USD por cada kWh, Aunque el nivel COE es el valor primordial a considerar, cada uno de

ellos es importante, por lo que se detallan a continuación. Los elementos se presentan en la Tabla 6. El sistema considera 12 módulos PV, 1 turbina y un generador diésel. Se consideran 6 acumuladores y dos convertidores de una capacidad de 1 kW cada uno.

Tabla 6: Simulación de los elementos de la configuración

Elemento	Capacidad nominal
Arreglo PV	3 kW
Turbina de viento	1 kW
Generador diesel	2 kW
Batería	6 Baterías
Inversor	2 kW
Estrategia de entrega	Carga de ciclo

La Tabla 7 muestra una breve descripción con los valores principales del costo del sistema.

Tabla 7: Costos principales.

Elemento	Capacidad nominal
Valor presente neto	38,318 USD
LCOE	0.405/kWh
Costo de operación	2,396 USD/año

La tabla 8 muestra el desglose de los costos de cada tecnología empleada en cada uno de los aspectos del ciclo de vida del sistema.

Tabla 8: Valor presente neto

Componentes	Capital (Costo en USD)	Reemplazo (Costo en USD)	Operación y mantenimiento (Costo en USD)	Combustible (Costo en USD)	Valor en libros (Costo en USD)	Total (Costo en USD)
PV	4410	0	0	0	0	4410
Turbina	3500	0	4014	0	-218	7296
Generador Diesel	480	1297	1451	16617	-109	19736
Batería	450	1713	138	0	-137	2163
Converter	2000	835	2294	0	-416	4713
System	10840	3845	7897	16617	-880	38318

La Tabla 9 muestra el valor del costo anual en cada una de las fases del ciclo de vida del sistema de una manera desglosada.

Tabla 9: Costo anual de la configuración

Componentes	Capital (Costo en USD/año)	Reemplazo (Costo en USD/año)	Operación y mantenimiento (Costo en USD/año)	Valor en libros (Costo en USD/año)	Total (Costo en USD/año)
PV	384	0	0	0	384
Turbina	305	0	350	0	656
Generador Diesel	42	113	126	1449	1721
Batería	39	149	12	0	189
Converter	174	73	200	0	447
System	945	335	688	1449	3341

La Tabla 10 desglosa la producción eléctrica por cada uno de los sistemas, se observa que la producción primaria se logra mediante el arreglo PV, en segundo lugar el generador diésel y en tercer lugar mediante la turbina.

Tabla 10: Producción total de electricidad.

Componentes	Producción (kWh/año)	Fracción
Arreglo PV	6262	0.52
Turbina de viento	2622	0.22
Generador Diesel	3266	0.27
Total	12150	1

La Tabla 11 muestra la electricidad producida los módulos SP-HJM250M-1. Se trata de una comparación entre el sistema PV contra el consumo de la carga.

Tabla 11: Costo anual

Cantidad	Valor	Unidades
Electricidad excedente	2882	kWh/año
Carga no suministrada	0.0000151	kWh/año
Escasez de capacidad	0.566	kWh/año
Fracción renovable	0.731	

La Tabla 12 muestra los valores sobre el arreglo fotovoltaico de la conexión de 12 módulos.

Tabla 12: Valor nominal del arreglo PV.

Cantidad	Valor	Unidades
Capacidad nominal	3	kW
Potencia promedio	0.715	kW
Potencia promedio	17.2	kWh/d
Factor de capacidad	23.8	%
Producción total	6262	kWh/año

En cuanto a la Tabla 13, se muestra el comportamiento de dicho arreglo en una hora promedio del día.

Tabla 13: Comportamiento del arreglo PV

Cantidad	Valor	Unidades
Potencia mínima	0	kW
Potencia máxima	3.09	kW
Penetración PV	75.9	%
Horas de operación	4380	hr/año
Costo nivelado	0.0614	costo en USD/kWh

La Tabla 14 muestra los valores nominales de la turbina BWC XL.1.

Tabla 14: Valor nominal de la turbina BWC XL.1

Variable	Valor	Unidades
Capacidad nominal total	1	kW
Potencia promedio	0.299	kW
Factor de capacidad	29.9	%
Producción total	2622	kWh/año

La Tabla 15 muestra el comportamiento de la turbina en una hora promedio del día.

Tabla 15: Comportamiento de la turbina BWC XL.1

Variable	Valor	Unidades
Potencia mínima	0	kW
Potencia máxima	1.12	kW
Penetración del viento	31.8	%
Horas de operación	7348	hr/año
Costo nivelado	0.243	costo en USD/kWh

La Tabla 16 muestra las características sobre el generador diésel ST de 3 kW.

Tabla 16: Valor nominal del generador diésel

Cantidad	Valor	Unidades
Horas de operación	3952	hr/año
Número de arranques	480	arranques/año
Vida operativa	3.8	año
Factor de capacidad	18.6	%
Costo de generació fijo	0.224	costo en USD/año
Costo de generación marginal	0.25	costo en USD/kWhaño

La Tabla 17 describe los valores de la potencia producida por generador diésel durante un día promedio,

Tabla 17: Comportamiento del generador diésel

Cantidad	Valor	Unidades
Producción eléctrica	3266	kWh/año
Potencia promedio	0.826	kW
Potencia mínima	0.6	kW
Potencia máxima	2	kW

Para medir el consumo de combustible diésel utilizado por el generador, se tiene la Tabla 18. Es imprescindible saber el valor del diésel, cuyo precio se encuentra en 1 USD en Mayo del 2013.

Tabla 18: Costo anual del combustible

Cantidad	Valor	Unidades
Consumo de combustible	1449	L/año
Consumo de combustible específico	0.444	L/kWh
Consumo de combustible	14256	kWh/año
Eficiencia promedio	22.9	%

La Tabla 19 describe el número de baterías, su configuración, y el voltaje que utiliza.

Tabla 19: Valor nominal del arreglo de baterías

Cantidad	Valor
Tamaño del arreglo	2
Arreglos en paralelo	3
Baterías	6
Voltaje del cableado	12

La Tabla 20 muestra las características de la batería con respecto a su capacidad como acumulador de energía y costos de mantenimiento y producción.

Tabla 20: Comportamiento del arreglo de baterías

Cantidad	Valor	Unidades
Capacidad nominal	8.1	kWh
Capacidad nominal utilizable	5.67	kWh
Autonomía	6.02	hr
Vida esperada	5070	kWh
Mantenimiento de batería	0.096 & costo en USD/kWh	
Costo de energía promedio	0.072 & costo en USD/kWh	

La Tabla 21 describe los parámetros de la batería que interactúan con el rendimiento.

Tabla 21: Parámetros de la batería a escala anual

Cantidad	Valor	Unidades
Energía entrante	1925	kWh/año
Energía saliente	1641	kWh/año
Descarga de la batería	5.35	kWh/año
Pérdidas	278	kWh/yr
Rendimiento anual	1780	kWh/año
Vida esperada	2.85	año

La Tabla 22 muestra los parámetros relacionados únicamente con el sistema, como el tiempo de operación, la energía que pasa a través de él y las pérdidas de energía.

Tabla 22: Costo anual

Cantidad	Inversor	Unidades
Horas de operación	6642	hrs/año
Energía entrante	6340	kWh/año
Energía saliente	5706	kWh/año
Pérdidas	634	kWh/año

Conclusiones

Se observan los resultados en la simulación realizada, basadas en el parámetro COE. En la simulación se obtiene un valor de 0.405 USD/kWh, El costo de la electricidad en el sector residencial en México durante 2006 fue de 0.098 USD/kWh, por lo que la simulación realizada no resulta económicamente competitiva contra la Comisión Federal de Electricidad, ya que se vuelve aproximadamente 4 veces más costoso que el precio de electricidad comercial. Sin embargo, ya que el consumo de la carga en el caso de estudio es considerablemente bajo, y la distancia entre la red eléctrica y el poblado, la opción es viable para la electrificación del poblado. Entre las recomendaciones que se ofrecen se encuentra considerar un poblado con una

población mayor, ya que podría justificarse la adquisición de generadores de mayor escala a un precio proporcional más barato. Además, se requiere de una investigación de mercado mucho más intensiva para lograr obtener el mejor costo en cada una de las tecnologías empleadas. En el caso del arreglo fotovoltaico, se podrían reducir los costos de operación al implementar un dispositivo de seguimiento del sol para mejorar la eficiencia. En el caso de las baterías, deben protegerse del sol y almacenarse en un sitio con ventilación apropiada para evitar que se sobrecalienten y reduzcan su ciclo de vida. Recientemente se han implementado métodos como algoritmos genéticos y lógica difusa para mejorar el rendimiento del sistema mediante

el control de los elementos, por lo que esta investigación también puede lograr reducir el COE y convertir a las tecnologías de

energías renovables en un negocio más competitivo.

Referencias

- [7] Alcor E. (2008). Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Editorial Progenza, España.
- [9] Bajpai, P., & Dash, V. (2012). Hybrid renewable energy systems for power generation in stand-alone applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2926-2939.
- [12] Bernal-Agustín, J. L., & Dufo-López, R. (2009). Simulation and optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 2111-2118.
- [3] Comisión Federal de Electricidad. (2012,Junio). Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2011-2025, Disponible [En Línea]: www.cfe.gob.mx/quienessomos/publicaciones/Paginas/Planeaciondelsistemaelectriconacional.as.
- [2] Deshmukha, M.K. Deshmukhb, S.S. (2008). *Modeling of Hybrid Renewable Energy Systems*, *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 12(1): 235-249.
- [4] Institute of the Americas. (2012). Potencial Eólico de México, Disponible [En Línea]: www.iamericas.org/presentations/energy/Mexico2010/CarlosArriola.pdf.
- [1] International Energy Agency. (2011). *Key World Energy Statistics*. (Enero 2013). Disponible [En Línea]: <http://www.iea.org>,
- [15] NASA (s.f.). Surface meteorology and Solar Energy: Global Data Sets. (Febrero del 2013) Disponible [En Línea]: https://eosweb.larc.nasa.gov/project/sse/sse_global_data.
- [11] Nema, P., Nema, R. K., & Rangnekar, S. (2009). A current and future state of art development of hybrid energy system using wind and PV-solar: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 2096-2103.
- [14] Panahandeh, B., Bard, J., Outzourhit, A., & Zejli, D. (2011). Simulation of PV-Wind-hybrid systems combined with hydrogen storage for rural electrification. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(6), 4185-4197.
- [6] Rocha, S. (2003). Proyecto de Electrificación de Comunidades Rurales por Medio de Fuentes Alternas de Energía, Tesis en Opción al Grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Potencia, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Monterrey, Nuevo León.
- [13] Solmetric (s.f.). Guide To Interpreting I-V Curve Measurements of PV Arrays (Abril 2013) Disponible [En Línea]: <http://resources.solmetric.com/get/Guide2>
- [5] Suárez Velázquez, P. (2010). Impacto de la Generación Eólica y Solar en el Sistema Eléctrico de Baja California Norte, Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Ingeniería Eléctrica, México, D.F.
- [10] Thapar, V., Agnihotri, G., & Sethi, V. K. (2011). Critical analysis of methods for mathematical modelling of wind turbines. *Renewable Energy*, 36(11), 3166-3177.
- [8] Yamegueu, D. Azoumah, Y. Pyb, X. Zongo, N. (2011). Experimental study of electricity generation by Solar PV/diesel hybrid systems without battery storage for off grid areas, *Renewable Energy*, 36: 1780-1787.

Diseño y prototipo de una máquina trituradora de PET

Luz Angélica García Villalba¹, Carlos Ponce Corral¹, Edith Janette Martínez López¹, Javier León Ordaz¹

Resumen

El tereftalato de polietileno PET fue creado en la década de los 40's en busca de una fibra que reemplazara al algodón, pero fue hasta los años 70's cuando se desarrollaron envases de PET, que por las características y propiedades fue factible la fabricación masiva del mismo para la venta de bebidas. Ahora esto forma parte de un gran problema ambiental ya que le toma aproximadamente de 100 a 1000 años para degradarse (Vidal, s.f.). Según investigadores éste producto tiene propiedades térmicas, mecánicas benéficas, resistencia química, buena capacidad de formar fibras, baja permeabilidad de O₂ y CO₂, es de alto rendimiento, bajo costo y tiene una excelente reciclabilidad (Doulache et al., 2010), para crear nuevos productos. Sin embargo, forma parte de las miles de toneladas que son desechadas en los rellenos sanitarios, calles, alcantarillados entre otros lugares. El PET, pueden ser aprovechadas por medio del reciclaje mediante el proceso de trituración, convirtiéndolo en hojuelas. Para después convertirlos en artículo de uso común como lo es la ropa, cortinas, alfombras, juguetes etc. En pocas palabras convertir la Basura en algo Útil, En Este artículo se exponen los resultados obtenidos de una investigación realizada sobre el impacto del PET, así como el prototipo y diseño de una máquina trituradora de PET.

Palabras clave: PET, Maquina trituradora, Prototipo.

Introducción

El PET es un copolímero de glicol de etileno y ácido tereftálico o tereftalato de dimetilo; es comúnmente utilizado como material de embalaje, el artículo "Dielectric Properties of Polyethylene Terephthalate Submitted to Long-term Thermo-electrical ac Stress" nos menciona que el PET se ha

convertido en una atractivo candidato para la sustitución de aislantes. Estos pasos son basados en investigación de prototipos de máquinas en este caso de "IMDC: an integrated environment for the design and control of manufacturing machines" (APREPET, s.f.).

Análisis de la demanda

El mercado está comenzando a percibir el uso de materiales reciclados como una ventaja, gracias a tecnologías para hacer nuevos productos de alto valor con estos materiales. Los desafíos locales para el fortalecimiento de la industria son muchos, pero los beneficios son mayores (Ortega Leyva, 2011).

El clima de negocios es favorable. La creciente demanda por parte de los consumidores ha impulsado de manera importante el desarrollo de nuevas tecnologías para el empaque y embalaje de diversos productos de consumo diario.

¹ Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

La industria del empaque y embalaje es una de las más importantes en nuestro país, de hecho, se ha identificado que participa con el 1.16 por ciento del PIB y el 10.3 por ciento del PIB manufacturer (MAQUINARIA Y EQUIPOS, s.f.). El plástico ocupa un lugar importante dentro de la industria (844 mil toneladas anuales, 8.9 Kg/persona) (Doulache et al., 2010).

En 2014 la demanda de envases PET globalmente ronda la cifra de 48 mil millones de dólares, con un consumo total de 16 millones de toneladas, de acuerdo con un estudio de mercado de Smithers Pira. Se espera que la demanda global crezca en 4,6% anual dentro de los próximos cinco años, para sumar 19,9 millones de toneladas, y 60 mil millones de dólares. En este nuevo estudio, titulado “El futuro de los empaques de PET hasta 2019”, desde 2010 el consumo de PET ha estado al alza. Las botellas se están utilizando cada vez más, representando 80% del total de la demanda de PET (Smithers Pira, 2014).

Estadísticas sobre demanda de PET en México:

DISTRITO FEDERAL

- Demanda de PET 55,800 t/año
- Envases de PET recuperados 20,500 t/año
- Porcentaje recuperado para reciclaje 36.7%

A NIVEL NACIONAL

- Demanda de PET 413,000 t/año
- Envases de PET recuperados 71,300 t/año
- Porcentaje recuperado para reciclaje 17.3%

Considerando que de las 55,800 toneladas anuales de PET, consumidas por el Distrito Federal, se recuperan alrededor de 20,500 toneladas/año (tasa de recuperación del 36.7%) y que se registran en el Relleno Sanitario de Bordo Poniente 5,146.5 toneladas/año. Puede decirse que aproximadamente un 54% del PET se encuentra: En almacén para su distribución o venta, o dispuesto inadecuadamente en cauces, calles o tiraderos clandestinos (APREPET. s.f.).

Análisis de la oferta

Determinar la oferta de plástico PET molido es demasiado complejo puesto que algunas empresas que requieren de dicho producto como materia prima, hacen todo el proceso de molido y lavado para consumo propio, lo cual hace que su producción no entre al mercado como oferta y otras lo hacen de manera informal, impidiendo tener datos reales.

Empresas oferentes de PET molido

Empresa	Ciudad	Oferta (Ton/año)
Pet y Solo Pet E.U.	Bogotá	1720
Fundación Codesarrollo	Medellín	3000
Aproplast S.A.	Bogotá	1250
Ecoplásticos del Valle	Cali	2300

Según el ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la industria del plástico ha presentado un crecimiento promedio anual del 7% en las últimas tres décadas, por lo cual se utilizará

este porcentaje para la proyección de la principal oferta, la cual se encuentra concentrada principalmente en las empresas Anteriores (APREPET. s.f.).

Oferta Proyectada

AÑO	OFERTA (Ton/año)
2011	8.270
2012	8.849
2013	9.468
2014	10.130
2015	10.839
2016	11.598

Comercialización

El PET está en pleno crecimiento, lo que hace necesario saber entrar rápidamente el producto al mercado y aprovechar las ventajas de la poca competencia en el momento y la oportunidad de adquirir los clientes antes de la entrada de nuevos Oferentes.

Por las necesidades determinadas por los clientes, el plástico PET molido y lavado se empacará en sacos de 25 kilogramos aprox. Al que desee comprar la máquina para uso doméstico se venderá con un costo que suma su producción + 30% de utilidad

Factibilidad técnica

Tamaño y capacidad del proyecto

El aumento de los precios internacionales del PET natural, ha generado una demanda creciente del producto reciclado, ya que al procesarlo no pierde sus características básicas y es de menor costo. En Juárez no existe una actividad de reciclaje en forma industrial, solo existen pequeñas empresas que recolectan el material, por lo que hay una clara oportunidad desarrollo.

De acuerdo a los antecedentes del mercado del reciclaje del PET, es factible técnica y económicamente, la instalación y puesta en marcha de planta Recicladora de PET, transformando esta actividad en un negocio rentable y sustentable, generando además puestos de trabajo en la recolección y en la operación de la planta. (Esto si sería una meta a largo plazo, pero es algo que se pudiera lograr). La meta a corto plazo será lograr la maquina aun costo mínimo, potente y de calidad.

Localización general y específica de la planta

El proyecto está realizado para uso comercial e incluso doméstico, debido a su diseño compacto y amigable para el usuario. La máquina podrá ser adquirida con un bajo costo a comparación de máquinas industriales, para poder generar el PET que se desea ya sea para uso personal (dar forma, crear nuevos productos) o para uso comercial (venta). Otra idea que surge en la elaboración del producto es comercializarla en la escuelas para generar a los alumnos el habito del reciclaje que las mismas escuelas lo vendan y generen recursos.

Definición técnica del producto

El producto final serán hojuelas de PET de media pulgada que se obtiene por el reciclado mecánico, para acondicionarlos con el propósito de integrarlos nuevamente a un ciclo productivo como materia prima para la elaboración de textiles, juguetes,

alfombras, casas etc. Así como la de generar un negocio rentable largo plazo.

Planos y especificaciones

Como parte fundamental del proyecto (Máquina trituradora de PET) tenemos el MOTOR ya que para la trituración necesitamos un buen torque para producir la fuerza en los cuerpos que se encontrarán en rotación, en este caso el sistema de navajas.

Especificaciones del Cortador

El material que se utilizara en la construcción de la Navaja es ACERO SISA A2 debido a sus características las cuales ofrece una combinación de buena tenacidad así como moderada resistencia al desgaste.

La navaja fue simulada en SOLIDWORKS (figura 1) con las dimensiones reales así como el material a utilizar ya antes mencionado, obteniendo así un aproximado de su peso lo cual es un dato fundamental para la selección del Motor; se puede apreciar que la navaja cuenta con un peso de 1.78 libras o bien aproximadamente 0.81Kg. En la figura 2 se muestran las dimensiones reales que tendrá esta pieza.

Propiedades de masa de cuchilla fija
Configuración: Predeterminado
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0,28 libras por pulgada cúbica
Masa = 1,78 libras
Volumen = 6,28 pulgadas cúbicas
Área de superficie = 38,26 pulgadas cuadradas

Centro de masa: (pulgadas)
X = 0,00
Y = -0,00
Z = 0,25



Figura 1. Simulación de la navaja.

Sen la figura 3 se puede observar también el material utilizado para validar el peso de la pieza.

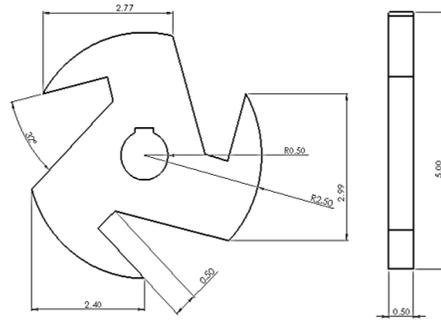


Figura 2. Dimensiones de la navaja.

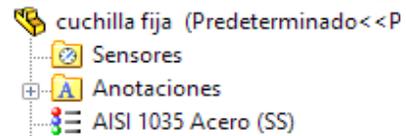


Figura 3. Material modelado.

La máquina trituradora constara de 8 Navajas distribuidas, 4 en cada eje para lograr el objetivo de triturar tal como se muestra en la figura 4.

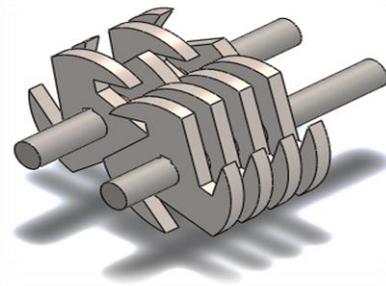


Figura 4. Navajas distribuidas en dos ejes.

Teniendo este sistema tenemos que:

$$8 \text{ Navajas} \times 1.78 \text{ lbs} = 14.24 \text{ lbs} \sim 6.46 \text{ kg}$$

En la figura 5 se muestran las fuerzas ejercidas en el simulador.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2.03e+011	N/m^2
Poisson's Ratio	0.285	N/A
Shear Modulus	7.8e+010	N/m^2
Mass Density	7860	kg/m^3
Tensile Strength		N/m^2
Compressive Strength		N/m^2
Yield Strength		N/m^2
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-005	/K
Thermal Conductivity		W/(m-K)
Specific Heat		J/(kg-K)
Material Damping Ratio		N/A

Figura 5. Fuerzas en el simulador.

Una vez vista las fuerzas ejercidas en las navajas se muestran las fuerzas ejercidas en uno de los ejes (figura 6).

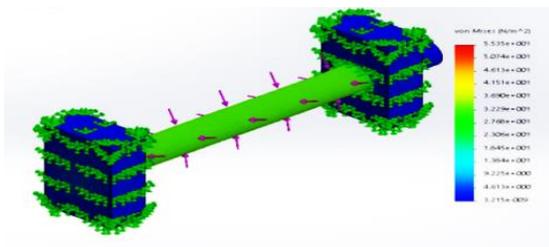


Figura 6. Fuerzas en un eje.

En éstos ejes irán ensambladas las navajas y acopladas a 2 engranes para permitir el movimiento giratorio.

En la siguiente imagen observamos sus dimensiones (figura 7):

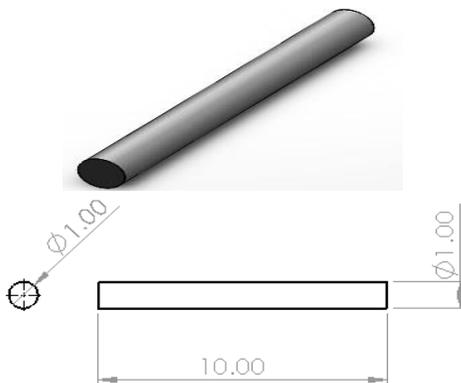


Figura 7. Dimensiones del eje.

Para el diseño de los ejes se seleccionó el material AISI 1015, es un acero de bajo carbono que ofrece

trabajabilidad superior y maquinabilidad, también conocido como COLDROLL.

Este eje pesa 2.23 libras (~1.012 kg). Los datos proporcionados por Solid Works son los que se muestran enseguida (figura 8).

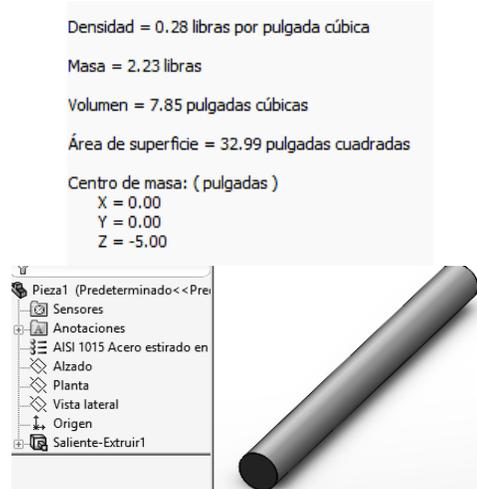


Figura 8. Datos del eje.

Recordando que el ensamble serán 2 ejes los que utilizaremos obtenemos un peso aproximado de:

$$2 \text{ ejes} \times 2.23 \text{ lbs} = 4.46 \text{ lbs} (\sim 2.02 \text{ kg})$$

Una vez obtenido el peso total de los ejes más el sistema de cortadores se genera el peso Total del Sistema:

$$4.46 \text{ lbs}_{(2 \text{ ejes})} + 14.24 \text{ lbs}_{(\text{sistema de cortadores})} = 18.7 \text{ lbs}_{(\sim 8.48 \text{ kg})}$$

Este peso obtenido es base para haber determinado el motor a utilizar, se está tomando un rango del 50% más en peso como tolerancia de peso, así que se parte que el motor deberá mover 13 k/m para calcular el torque. Otra pieza importante de la máquina trituradora de PET es un filtro para que solo deje pasar Hojuelas trituradas de aproximadamente 1/2" o menores. Las

hojuelas que no logren pasar seguirán arrastradas por el material y navajas hasta lograr su tamaño.

Como se muestra en la figura 9 será colocado justo debajo del sistema de cortadores, haciendo más precisa la trituración. La máquina se pondrá sobre una mesa de PTR para su estructura donde se acoplara todo el sistema (cortadores, filtro, motor, engranes).

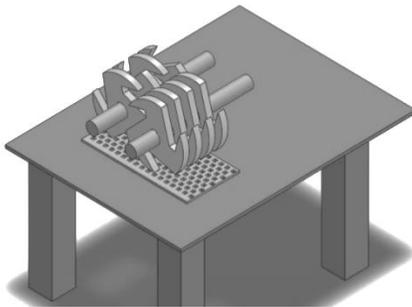


Figura 9. Mesa, cortadores y filtro.

Se pondrá una tolva que servirá como seguridad para el sistema de navajas así como también para resguardar todas las posibles virutas.

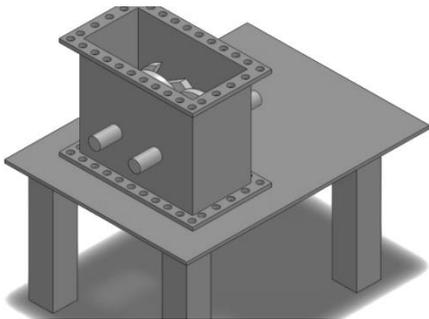


Figura 10. Tolva.

Se diseñara una segunda tolva para poder triturar varias botellas a la vez. Se muestra en la siguiente imagen.

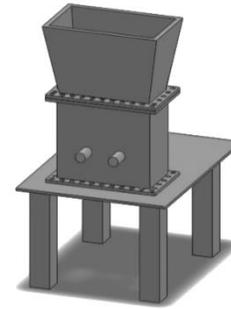


Figura 11. Segunda tolva.

Para transmitir potencia y el movimiento circular a los cortadores formaremos un sistema de engranajes, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión. Como se muestra en la figura 12.

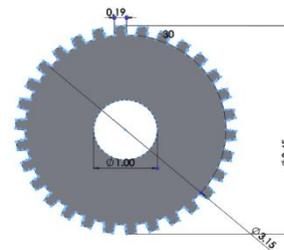


Figura 12. Engrane.

El sistema incluye dos engranes con un dentado de 30 c/u. conectados los 2 al eje de navajas de manera que uno dé sentido horario y el otra anti horario; para que las navajas extraigan el material PET para ser triturado. El material de los engranes también sería de ACERO SISA A2 obteniendo un peso de 0.14 lbs por engrane lo cual nos da un peso total por los dos engranes a utilizar de 0.28 lbs ó 0.13 kg:

Los engranes una vez acoplado a los ejes quedaran de la siguiente manera como se muestra en la figura 13

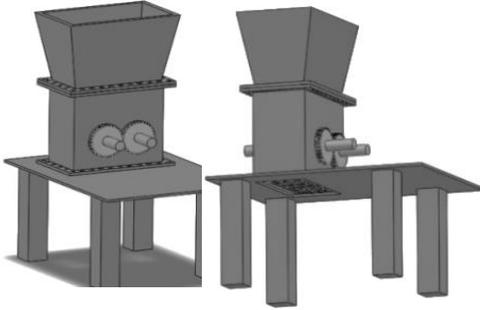


Figura 13. Engranés.

Así se mostraría con el motor incluido.

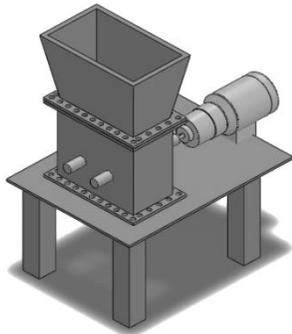


Figura 14. Trituradora completa.

Materia Prima

Ahora para la utilización de tecnología de trituración se pretende, por un lado, reducir el consumo energético, aumentando al mismo tiempo la capacidad productiva y reducir los costes que supone el desgaste o bien el mantenimiento de piezas.

Para la construcción de la máquina se utilizaran materiales como:

- A2
- Cold roll
- Laminado

- Piezas de bronce

Esto es para la fabricación de cortadores, separadores y engranes ya que es un material con dureza uniforme, propiedades mecánicas y maquinabilidad versátil, así como alta resistencia al desgaste e impacto

- Un motor de 1hp
- Lamina que será utilizada para la parte exterior de la máquina.
- Filtro (para lograr un triturado más fino.

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

- Motor de 1 HP
- 1750 RPM
- Motoreductor 2.14hp, 10:1, 56C

Como dato tenemos que el sistema de navajas pesa 8.5 kg, este dato es dado por el Simulador SOLIDWORKS en base al tipo de material y dimensiones de las 8 navajas.

Cada navaja está diseñada de manera que al momento de introducir una botella sea atrapada por las cuchillas salientes, evitando tiempo muerto o que no sea necesario introducir peso en esa botella para que sea atrapada por el sistema, Las navajas contarán con suficiente filo para que inmediatamente se empiece la trituración. Otra parte a destacar del cortador es que incluye solo tres cuchillas suficientes para triturar el PET y dejando atrás un desperdicio de material. Se muestra a continuación el diseño del cortador o Navaja (figura 15).

Factibilidad económica y financiera

Presupuestos

Se estuvo investigando precios en diferentes partes de la localidad lo cual después de un comparativo se tomó la decisión de adquirir parte de la materia prima en esta empresa, establecida aquí en la localidad AG METALES.

En la siguiente tabla muestran precios de lo invertido en la Máquina. Incluyendo horas de maquinado

Material o Servicio	Precio unitario	Piezas u horas adquiridas	TOTALES \$\$\$
Acero SISA A2	\$ 297.50 <small>Se adquirieron piezas de 5" x 5" x 1/2"</small>	8 piezas	\$ 2380
COLDROLL	\$135 <small>Varillas</small>	2 piezas	\$270
Motor 1Hp 1700 r.p.m	\$500	1 pieza	\$500
Filtro	\$50	1 pieza	\$50
Lamina	\$250	-----	\$250
Otros	\$300	-----	\$300
Servicio de maquinado	\$ 35dils x hr	5 hrs	\$175dils

TOTAL: \$7112

A comparación de otras máquinas trituradoras es accesible ya que investigando el mercado se encontró máquinas que van

desde 20,000 a los 50,000 e incluso más. Teniendo también otra desventaja como su tamaño, peso y estructura, es decir, solo, para industrias grandes. Se muestran a continuación algunas máquinas con características similares y pudiendo apreciar su precio, una de ellas es usada y aun así su precio es demasiado alto

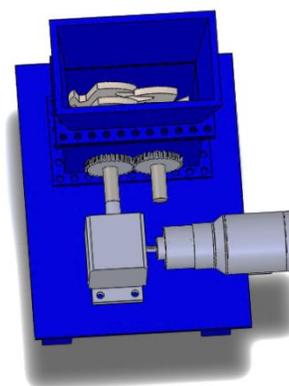


Figura 15. Vista superior de la trituradora de PET.

Normatividad

Normas oficiales mexicanas

Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011

Que los Residuos de Manejo Especial pueden recuperarse, ya sea como materia prima para procesos de manufactura o aprovechamiento energético, sin embargo en la actualidad sólo un pequeño porcentaje de los mismos se recupera y aprovecha. Que, al no valorizar o aprovechar los Residuos de Manejo Especial que pueden ser sujetos a ello, éstos se envían a los sitios de disposición final de Residuos Sólidos

Urbanos, reduciendo la vida útil de los mismos, demandando así con mayor frecuencia sitios para la disposición final de los residuos. Que a través de la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, se puede incrementar el aprovechamiento de los Residuos de Manejo Especial. Un Plan de Manejo es un instrumento a través del cual se busca minimizar la generación y maximizar el aprovechamiento de los residuos en los que se aplica, por lo que al lograr su implementación se incrementaría la cantidad de residuos aprovechados, y como consecuencia se disminuye la carga sobre los recursos naturales y sobre la vida

útil de los sitios de disposición final donde se disponen (Norma Oficial Mexicana,

2011).

Referencias

APREPET. (s.f.). En Línea: <http://www.aprepet.org.mx/>

Doulache, N., Khemici, M. W., Gourari, A., & Bendaoud, M. (2010, July). DSC study of polyethylene terephthalate's physical ageing. In Solid Dielectrics (ICSD), 2010 10th IEEE International Conference on (pp. 1-4). IEEE.

MAQUINARIAYEQUIPOS. (s.f. a). El PET en México ¿Oportunidad o Problema? En línea: <http://www.maquinariayequipos.com/%C3%9Altimas-noticias/pet-en-mx.php>

MAQUINARIAYEQUIPOS. (s.f. b). Estadísticas sobre demanda de PET en México En línea: <http://www.maquinariayequipos.com/%C3%9Altimas-noticias/estadisticas-sobre-demanda-de-pet-en-mexico.php>

Norma Oficial Mexicana. (2011). Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011. En línea: <http://www.dof.gob.mx/>

Ortega Leyva, M.N. (2011, Agosto). El reciclaje de PET está en su mejor momento. En línea: <http://www.plastico.com/temas/El-reciclaje-de-PET-esta-en-su-mejor-momento+3084014?pagina=1>.

Smithers Pira (2014, april). Demand for PET Packaging Material to reach \$60 billion by 2019. En línea: <http://www.smitherspira.com/news/2014/april/demand-for-pet-packaging-material-in-2019>.

Vidal, C. (2008, 12 marzo). Biodegradabilidad y contaminación: ¿Cuánto tarda en degradarse...? En línea: <http://www.ecoclimatico.com/archives/biodegradabilidad-y-contaminacion-%C2%BFcuanto-tarda-en-degradarse-303>.

Principales factores de riesgo cardiovascular en escolares

Gabriel Medrano Donlucas¹, José Alfredo Acosta Favela¹, Monica Elizabeth Ruiz Morales¹
Jorge Armando Vargas Esquivel¹

Resumen

La prevalencia de obesidad se ha incrementado en las últimas décadas, considerándose una epidemia global y es la enfermedad crónica no transmisible más prevalente en el mundo, y debido al incremento de esta enfermedad, han ido desarrollando diferentes patologías en las cuales destacan las enfermedades cardiovasculares y las estadísticas mencionadas en estudios anteriores mencionan que las enfermedades cardiovasculares ocupan el tercer lugar de causas de muerte en pacientes menores de 15 años de edad. Por lo cual se plantea como objetivo, el identificar los factores de riesgo que conllevan a padecer riesgo cardiovascular en escolares. El método, de Estudio fue transversal en escolares en dos escuelas primarias de ciudad Juárez, con una muestra total de 101 alumnos, se midió peso y talla y se calculo IMC, así como también se tomo la circunferencia de cintura y se aplico un cuestionario para determinar hábitos alimenticios y la frecuencia con la que realizan actividad física. Obteniendo como Resultados que el 11 % de la población en estudio tiene alto riesgo cardiovascular debido a los diferentes factores que implican un estilo de vida poco saludable. Y concluyendo con una presencia de obesidad central, así como los malos hábitos alimenticios y la falta de actividad física que son factores desencadenantes de riesgo cardiovascular en los escolares.

Palabras clave: Obesidad, Factores de riesgo cardiovascular, Malos hábitos alimenticios y Falta de actividad física.

Introducción

La prevalencia de obesidad se ha incrementado en las últimas décadas, considerándose una epidemia global y es la enfermedad crónica no transmisible más prevalente en el mundo. (Subcomisión de epidemiología y comité de nutrición, 2005). Debido al incremento de esta enfermedad, se han ido desarrollando diferentes patologías, dentro de las que destacan las enfermedades cardiovasculares que sin duda constituye actualmente uno de los aspectos más importantes y controvertidos dentro de las recomendaciones sobre el tratamiento de la hipertensión arterial. (Maiques Galán, 2003).

Se conoce que para desarrollar el riesgo cardiovascular primero se deben de

presentar dentro de la vida cotidiana los factores de riesgo que nos lleven a padecer enfermedades cardiovasculares. Las dietas hiperenergéticas, los cambios en el consumo de nutrimentos (mayor consumo de grasas y azúcares), el cambio en la dinámica familiar y laboral, el aumento del sedentarismo son factores que han contribuido al incremento general de la obesidad en la población. (Perichart-Perera et al., 2008). Así como también el abuso de la televisión, puede considerarse un factor muy consistente en todos los escolares, y es considerado un factor de riesgo grande debido a que estimula el comer a destiempo productos alimenticios calóricos y poco nutritivos, que fomentan trastornos nutricionales como la obesidad y la hipercolesterolemia.

¹Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Como tratamiento para disminuir el aumento de enfermedades cardiovasculares en la población escolar con obesidad debe comenzar en hacer cambios en los hábitos alimenticios, así como también hacer cambios en lo que a la actividad física se refiere ya que esta juega un papel central en la disminución del riesgo cardiovascular en escolares y adolescentes. (*ibid.*).

Se ha dirigido al tema de riesgo cardiovascular en escolares como un problema importante de salud, al que nos hemos de enfrentar, debido al gran índice de obesidad en niños.

Ya que las estadísticas nos mencionan que las enfermedades cardiovasculares ocupan la tercera causa de muerte en los pacientes menores de 15 años. Las cardiopatías congénitas tienen una contribución significativa para esta estadística, pero cada día más, un estilo de vida poco saludable (mala alimentación,

tabaquismo y falta de ejercicio) son responsables de un incremento alarmante de problemas cardiovasculares en la infancia y adolescencia. Incluso existen datos que demuestran que la aterosclerosis se inicia en la infancia y se desarrolla en forma silenciosa por décadas antes de que ocurran eventos clínicos como el infarto al miocardio o enfermedad vascular cerebral. Se ha demostrado que los factores de riesgo que se presentan en la infancia son predictivos de riesgo en el adulto y que la exposición a factores de riesgo cardiovascular en etapas tempranas de la vida pueden producir cambios en las arterias que contribuyan al desarrollo de aterosclerosis. (Vázquez-Antona, 2007).

Por lo que con este proyecto se pretende tener estadísticas actuales sobre la prevalencia de riesgo cardiovascular en escolares, así como también educar sobre la alimentación para promover un estilo de vida más saludable

Metodología

El estudio que se realizó fue de tipo transversal, ya que se midió la prevalencia del riesgo cardiovascular y los factores de que conllevan a este riesgo en una población de niños de primaria con el fin de obtener la magnitud y gravedad del problema.

Para lo que se realizaron una serie de mediciones antropométricas, y se aplicaron cuestionarios.

La población fue constituida por alumnos de dos primarias que se encontraban cursando el sexto año.

Los criterios de selección fueron los alumnos que se encontraban cursando el sexto año de primaria.

Por otro lado los criterios de exclusión son, aquellos niños que no quisieron participar en el proyecto.

Para realizar el diagnóstico con las medidas antropométricas tomamos en cuenta el Índice de Masa Corporal (IMC) que relaciona el peso (kg) con la talla (m) al cuadrado. Es el índice de uso habitual en la población adulta. Se recomendaba su uso en niños mayores de 10 años de edad. En menores de 10 años se usaba el peso/talla y en menores de 1 año peso/edad.

Actualmente se propone usar el IMC a partir de los 2 años de edad. A pesar de que no se ha logrado aún el consenso universal para definir la obesidad en niños,

la International Obesity Task Force (IOTF) convocó a un taller para evaluar la forma más adecuada de diagnosticar la obesidad infantil y llegó a la conclusión de que el IMC es una medida razonable para la determinación de la grasa corporal de uso clínico en niños y adolescentes. Se confeccionaron tablas de IMC, tanto para varones como para niñas de 2 a 18 años, a nivel internacional y se determinaron los puntos de corte extrapolados de los valores de IMC 25 y 30 del adulto, para sobrepeso y obesidad respectivamente.

Se utilizó también el perímetro de cintura el cual fue clasificado en base a percentiles que van desde el percentil 3 al 95 para niños y niñas.

Por otra parte para evaluar los hábitos alimentarios de los niños así como para estimar la actividad física que realizan se utilizó un cuestionario en el cual se incluían preguntas para evaluar su estilo de vida.

Los materiales que se utilizaron fueron:

- Cinta marca seca 201
- Bascula portátil marca TANITA modelo BF-680
- Estadímetro portátil marca bodymeter 2008

Para realizar el estudio en primer lugar se les comunicó a los padres de familia, el procedimiento que se haría y se les pidió su autorización por medio de una carta de consentimiento. Después de que se obtuvo el permiso de los padres se procedió a realizar mediciones antropométricas (peso, talla, circunferencia cintura), luego se hizo un breve diagnóstico a los niños, una vez teniendo a nuestra muestra se aplicó una encuesta sobre estilo de vida y alimentación que contestaron en compañía de sus padres, los datos obtenidos fueron introducidos en la base de datos para el análisis de cada uno y sacar los resultados de la prevalencia del riesgo cardiovascular y el factor de riesgo más prevalente en este grupo de edad.

Resultados

Tabla 1. Perímetro – cintura según IMC

Perímetro-cintura	Normal	Sobrepeso	Obesidad	Desnutrición	Total
Bajo riesgo	46	2	--	29	76
Alto riesgo	11	12	1	0	24
Total	57	13	1	29	100

Pearson $\chi^2(3) = 46.2705$ Pr = 0.000

Fuente: Directa

Se identificó que de los 100 niños que se evaluaron, los que tenían un IMC normal 46% tiene bajo riesgo

cardiovascular, el 11% restante tiene alto riesgo cardiovascular. En cambio de los niños que tienen un IMC con sobrepeso 12%

presentan alto riesgo cardiovascular y solamente 2% bajo riesgo cardiovascular. De los niños con IMC en desnutrición el 29% presenta bajo riesgo cardiovascular y el 1% con IMC con Obesidad tiene alto riesgo cardiovascular.

Tabla 2. Prevalencia De Riesgo Cardiovascular según sexo.

Perímetro-cintura	Niño	Niña	Total
Bajo riesgo	38.61	37.62	76.24
Alto riesgo	14.85	8.61	23.76
Total	53.47	46.53	100

Pearson $\chi^2(1) = 1.0328$ Pr = 0.310

Fuente: Directa

La relación riesgo cardiovascular-sexo, nos indica que del 100 % de niños evaluados el 38.61 % en niños, y el 37.62 % en niñas presentan bajo riesgo cardiovascular. Por otra parte las estadísticas nos dicen que el 8.61 % de niñas y el 14.85 % de niños tienen alto riesgo cardiovascular.

Tabla 3. Riesgo cardiovascular comparado con ejercicio.

Riesgo cardiovascular	4 o más veces	0-3 veces	Total
Bajo riesgo	24.75	51.48	76.24
Alto riesgo	2.97	20.79	23.76
Total	27.72	72.27	100

Pearson $\chi^2(2) = 4.4708$ Pr = 0.107

Fuente: Directa

La relación de riesgo cardiovascular y ejercicio nos dice que del 100% de la muestra, los niños que presentan bajo riesgo y hacen ejercicio cuatro o más veces por semana representan el 24.75%, mientras que el 51.48% practican ejercicio de cero a tres veces por semana. Por otra parte los niños que presentan alto riesgo, solo el 2.97% hace ejercicio cuatro o más veces por semana, 20.79% hacen ejercicio de cero a tres veces por semana.

Tabla 4. Perímetro-Cintura relación con consumo de comida chatarra

Perímetro-cintura	Consumo de comida chatarra				Total
	Nunca	1-2 veces	3-4 veces	5 o más veces	
Bajo riesgo	17.82	51.49	3.96	2.97	76.24
Alto riesgo	8.91	13.86	0.99	--	23.76
Total	26.73	55.35	4.95	2.97	100

Pearson $\chi^2(3) = 2.5763$ Pr = 0.462

Fuente: Directa

Las estadísticas del riesgo cardiovascular según el consumo de comida chatarra nos dicen que los niños que presentan un bajo riesgo cardiovascular el 17.82 % no consume estos alimentos, 51.49 % comen a la semana una o dos veces, 3.96 % lo hacen de tres a cuatro veces por

semana y el 2.97 % consume este tipo de alimentos 5 o más veces por semana. Por otra parte de los niños que presentaron un riesgo cardiovascular alto el 8.91 % nunca consumen comida chatarra, el 55.35 % consumen estos alimentos de una a dos veces por semana, el 4.95 % los consumen

de tres a cuatro veces y el 2.97 % restante consumen comida chatarra cinco veces o

más por semana.

Conclusiones

La circunferencia de cintura junto con los malos hábitos alimentarios y la falta de actividad física van a ser causantes de que los niños en un futuro presenten enfermedades cardiovasculares, esto se puede apreciar en el estudio de Balas-Nakash et al. (2009), donde se demuestra que la circunferencia de cintura permite detectar mejor posibles enfermedades Cardiovasculares a futuro en los niños ya que es un dato antropométrico más exacto y que detecta la obesidad central. Por otra parte los resultados son similares a los que se encontraron en este estudio ya que el 11.2 % presentan alterado el dato antropométrico de cintura comparado a un 23.76 % de este estudio.

Se ha puesto de manifiesto que la importancia de la circunferencia de cintura como una medida útil y de fácil obtención para medir la obesidad abdominal y su estrecha relación con los factores de riesgo, asociados al desarrollo de enfermedades crónica degenerativas.

En este sentido, es importante tener en cuenta que el tipo de distribución adiposa se relaciona estrechamente a padecer o no alguna de estas enfermedades tan importantes por lo que debemos considerar que la circunferencia de cintura es un indicador muy importante de distribución de la grasa corporal para evaluar al niño así como al adulto.

Hirschler et al. (2005), encontraron la asociación entre la resistencia a la insulina y la circunferencia de cintura en un grupo de niños entre 6 y 13 años. Por su parte Cuestas et al. (2007), estudiaron la asociación de la

circunferencia de cintura con lípidos plasmáticos y la presión arterial en niños entre 2 y 9 años, seleccionados al azar de una población del sistema de salud privado y encontraron una asociación positiva y significativa de la circunferencia de cintura con la lipoproteínas de alta densidad, la presión sistólica y diastólica, además identificaron a sujetos con un mayor riesgo de tener valores altos de colesterol total, triglicéridos e hipertensión arterial.

El sobrepeso y la obesidad es un problema de salud pública a nivel estatal, nacional y mundial, el cual aumenta día con día sin importar edad, género, estatus social y religión, a pesar de que se producen los mismo hallazgos que en los adultos en la actualidad existen pocos estudios que señalen a la obesidad central como factor de riesgo para el desarrollo de algún tipo de riesgo cardiovascular en niños quienes pueden presentar las consecuencias en la edad adulta.

En este estudio se pudo comprobar que la circunferencia de cintura junto con falta de actividad física y unos hábitos inadecuados están relacionados, ya que los niños que presentan alterado el dato antropométrico de cintura son los mismos que tienen una alimentación inadecuada, esto se puede observar en el estudio ya que el 13.86 % de niños son los que consumen comida chatarra de 1 a 2 veces por semana.

La disponibilidad de los alimentos y la falta de actividad física son factores importantes que favorecen a la presencia de obesidad central dando como consecuencia el aumento de riesgo cardiovascular.

Referencias

Balas-Nakash, M., Villanueva-Quintana, A., Tawil-Dayan, S., Schiffman-Selechnik, E., Suverza-Fernández, A., Vadillo-Ortega, F., & Perichart-Perera, O. (2008). Estudio piloto para la identificación de indicadores antropométricos asociados a marcadores de riesgo de síndrome metabólico en escolares mexicanos. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 65(2), 100-109.

Cuestas Montañés, E., Achával Geraud, A., Garcés Sardiña, N., & Larraya Bustos, C. (2007, July). Circunferencia de cintura, dislipidemia e hipertensión arterial en prepúberes de ambos sexos. *Anales de pediatría* 67(1): 44-50). Elsevier Doyma.

SUBCOMISION DE EPIDEMIOLOGIA y COMITE DE NUTRICION. (2005). Consenso sobre factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en pediatría: Obesidad. *Arch. argent. pediatr.* [online]. 2005, vol.103, n.3 [citado 2014-12-01], pp. 262-281. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-00752005000300013&lng=es

Hirschler, V., Delfino, A. M., Clemente, G., Aranda, C., Calcagno, M. D. L., Pettinicchio, H., &

Jadzinsky, M. (2005). ¿ Es la circunferencia de cintura un componente del síndrome metabólico en la infancia. *Arch argent pediatr*, 103(1), 7-13.

Maiques Galán, A. (2003). *Valoración del riesgo cardiovascular. ¿Qué tabla utilizar?*, *Atención Primaria*, 32(10): 586-589, ISSN 0212-6567, [http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)79337-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567(03)79337-8).

Perichart-Perera, O., Balas-Nakash, M., Ortiz-Rodríguez, V., Morán-Zenteno, J. A., Guerrero-Ortiz, J. L., & Vadillo-Ortega, F. (2008). *Programa para mejorar marcadores de riesgo cardiovascular en escolares mexicanos*. *Salud pública de México*, 50(3), 218-226.

Vázquez-Antona, C.A. (2007). La prevención primaria de la enfermedad cardiovascular inicia en la infancia. *Archivos de cardiología de México*, 77(1), 07-10. Recuperado en 01 de marzo de 2014, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402007000100001&lng=es&tlng=es.

ANEXO A

Cuestionario de actividad y alimentación

Encierra tus respuestas

1. Cuantas horas por día vez televisión o juegas video juegos?
a. 0-1 b. 2-3 c. 4 o mas
2. Cuantas horas por día pasas frente a la computadora?
a. 0-1 b. 2-3 c. 4 o más
3. Cuantos días por semana haces ejercicio (caminar, juegos de equipo, correr, aerobics, natación, baile, etc.)?
a. 0-1 b. 2-3 c. 4 o mas
4. Cuantas veces por semana te vas a la escuela sin desayunar?
a. Ninguna b. 1-2 c. 3 o mas
5. Que acostumbras desayunar con más frecuencia?
a. Huevos b. Hot cakes o waffles c. Cereal integral o avena d. Cereal endulzado
e. Pan dulce f. Yogurt o licuado con fruta g. Burrito h. No desayuna
6. Que acostumbras beber en el desayuno?
a. Nada b. Leche con chocolate c. Leche sola (entera)
d. Leche sola (descremada) e. Jugo f. Café
g. Otro especifique: _____
7. Cuantos días a la semana comes vegetales verdes (apio, brócoli, calabacitas, coliflor, espinacas, ejotes, pepino, repollo, lechuga)?
a. Ninguno b. 1-4 c. 5 o mas
8. Cuantos días a la semana consumes otras verduras (chícharo, zanahoria, tomate, cebolla)?
a. Ninguno b. 1-4 c. 5 o mas
9. Cuantas veces a la semana consumes frijoles o lentejas?
a. Ninguno b. 1-4 c. 5 o mas
10. Con que frecuencia comes fruta?
a. No como fruta b. 1-2 veces a la semana c. 3-6 veces a la semana d. Diariamente
11. Cuantas veces al día tomas refrescos (que no sean de dieta)?
a. Ninguna b. 1-2 veces al día c. 3 o más veces al día
12. Cuantas veces al día tomas bebidas como frutsi, paupau, naranjadas, koll-aid?
a. Ninguna b. 1-2 veces a día c. 3 o más veces al día

13. Cuantas veces al día tomas jugos de fruta natural o aguas de fruta endulzadas con azúcar?
- a. Ninguna b. 1-2 veces a día c. 3 o más veces al día
14. Cuantas veces al día tomas bebidas para deportistas (gatorade, powerade)?
- a. Ninguna b. 1-2 veces a día c. 3 o más veces al día
15. Cuantas veces al día tomas leche con chocolate nesquik o choco milk etc.?
- a. Ninguna b. 1-2 veces a día c. 3 o más veces al día
16. Con que frecuencia comes papas fritas (Mc Donals, Wendys, etc)
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
17. Con que frecuencia comes nachos?
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
18. Con que frecuencia comes pizza?
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
19. Con que frecuencia comes hamburguesas?
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
20. Con que frecuencia comes sopas instantáneas (maruchan, ramen, o knorr) ?
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
21. Con que frecuencia comes papas de bolsitas (sabritas, barcel, doritos, tostitos) ?
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces e. Varias veces al día
22. Con que frecuencia comes galletas duces (barritas de frutas, emperador, oreo, chokis, etc)?
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
23. Con que frecuencia comes dulces o chocolates?
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces e. Varias veces al día
24. Con que frecuencia comes pastelillos (gansitos, pingüinos, submarinos etc.) ?
- a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces

Fuente: Tesis UACJ Obesidad y sobrepeso en preescolares del jardín de niños Juan escutia en ciudad Juárez Por aracely jurado Torres 2009

ANEXO B

Tabla IMC niños y niñas de 2 a 18 años

EDAD	IMC 25kg/m ²		IMC 30 kg/m ²	
	Niños	Niñas	Niños	Niñas
2 a	18.4	18.0	20.1	20.1
2 a 6m	18.1	17.8	19.8	19.5
3 a	17.9	17.6	19.6	19.4
3 a 6m	17.7	17.4	19.4	19.2
4 a	17.6	17.3	19.3	19.1
4 a 6m	17.5	17.2	19.3	19.1
5 a	17.4	17.1	19.3	19.2
5 a 6m	17.5	17.2	19.5	19.3
6 a	17.6	17.3	19.8	19.7
6 a 6m	17.7	17.5	20.2	20.1
7 a	17.9	17.8	20.6	20.5
7 a 6m	18.2	18.0	21.1	21.0
8 a	18.4	18.3	21.6	21.6
8 a 6m	18.8	18.7	22.2	22.2
9 a	19.1	19.1	22.8	22.8
9 a 6m	19.5	19.5	23.4	23.5
10 a	19.8	19.9	24.0	24.1
10 a 6m	20.2	20.3	24.6	24.8
11 a	20.6	20.7	25.1	25.4
11 a 6m	20.9	21.2	25.6	26.1
12 a	21.2	21.7	26.0	26.7
12 a 6m	21.6	22.1	26.4	27.2
13 a	21.9	22.6	26.8	27.8
13 a 6m	22.3	23.0	27.2	28.2
14 a	22.6	23.3	27.6	28.6
14 a 6m	23.0	23.7	28.0	28.9
15 a	23.3	23.9	28.3	29.1
15 a 6m	23.6	24.2	28.6	29.3
16 a	23.9	24.4	28.9	29.4
16 a 6m	24.2	24.5	29.1	29.6
17 a	24.5	24.7	29.4	29.7
17 a 6m	24.7	24.8	29.7	29.8
18 a	25.0	25.0	30.0	30.0

Fuente:Fuente : Cole TJ, Bellizzi MC, Fiegat KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide : international survey. BMJ 2000; 320:1240-3

Malos hábitos alimentarios y falta de actividad física principales factores desencadenantes de sobrepeso y obesidad en los niños escolares

José Alfredo Acosta Favela¹, Gabriel Medrano Donlucas¹, Guadalupe Duarte Ochoa¹, Sergio Ramón González Santana¹

Resumen

El presente estudio tiene como fin determinar los hábitos alimentarios así como la prevalencia del estado nutricional en los alumnos de 6to año, de dos escuelas primarias de Cd. Juárez. Para esto se llevaron a cabo medidas antropométricas tanto de peso como de talla y se evaluó el estado nutricional por medio del IMC. Esta investigación es de tipo transversal, se aplicó un cuestionario con la finalidad de determinar los hábitos alimentarios al igual que de ejercicio. Los resultados de este estudio arrojaron que del total de 101 niños que participaron en el estudio el 13% presentaron sobrepeso, el 29% desnutrición y el 57% normal peso. En cuanto los hábitos alimentarios se obtuvo un resultado el cual indica que los niños tienen un alto consumo de hamburguesas y refrescos en cuanto a verduras es poco el consumo. En conclusión los hábitos alimentarios y prevalencias se encontraron por arriba de lo esperado, lo cual nos está indicando que la alimentación se ve reflejada en el peso de los niños y que el ejercicio que hacen no es suficiente. Las medidas de prevención que han tomado tanto los padres como las escuelas no están dando resultados positivos. Esto nos indica que debe haber un cambio y la implementación de nuevas estrategias para disminuir los índices, y que estos en vez de ir creciendo vayan disminuyendo al pasar los años.

Palabras clave: Hábitos alimentarios, Factores desencadenantes de sobrepeso, Falta de actividad Física, Obesidad.

Introducción

En los últimos años se ha demostrado que los hábitos alimentarios y la actividad física son factores que determinan sobrepeso u obesidad. Estos factores van tomados de la mano y se reflejan en el peso.

Los niños escolares tienden a seguir el ejemplo de sus padres, esto nos hace tener un patrón, ya que si los padres no se alimentan correctamente o no tienen una rutina de actividad física el niño hará lo mismo, va tender a una dieta alta en carbohidratos y grasas lo que provoca que el consumo de calorías sea excesivo y el gasto energético menor a lo consumido, guardándose la energía restante como tejido adiposo o grasa. Por otra parte la falta de actividad física al pasar mucho tiempo frente

a una computadora o un televisor inducen al sedentarismo.

Considerando que la alimentación y la nutrición son procesos influenciados por aspectos biológicos, ambientales y socioculturales y que durante la infancia contribuyen a un desarrollo y crecimiento óptimo, así como una maduración biopsicosocial, es necesario que los niños adquieran durante esta etapa hábitos alimentarios saludables. No obstante, los hábitos alimentarios se han ido modificando por factores que alteran la dinámica familiar tales como la menor dedicación y falta de tiempo para cocinar y la pérdida de autoridad en cuanto a la cantidad y calidad de los alimentos que consumen los niños. (Macías et al., 2012)

¹Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Existen en nuestro medio múltiples factores que contribuyen a la formación de malos hábitos de alimentación en el hogar, en los centros laborales de cualquier índole, en los planteles escolares, en la calle e incluso en las instituciones dedicadas a la salud, amén de que a través de los medios de comunicación se bombardean a diario las voluntades de los consumidores con alimentos de dudoso valor nutricional e incluso de calidad, lo cual propicia una mala información en el consumidor. (Ruiz et al., 2012)

Los hábitos alimentarios se han ido modificando alterándose la dinámica e interacción familiar; uno de ellos corresponde a la situación económica que afecta los patrones de consumo tanto de los niños como de los adultos, la menor dedicación y falta de tiempo para cocinar, lo que provoca que las familias adopten nuevas formas de cocina y de organización y la pérdida de autoridad de los padres en la actualidad, ha ocasionado que muchos niños coman cuándo, cómo y lo qué quieran. (Macías et al., 2012)

Tanto el sobrepeso y la obesidad van a traer consigo enfermedades crónicas degenerativas que no se harán notar hasta la etapa adulta del niño. Es por esto que es importante el llevar una dieta saludable el considerar también el factor de la actividad física y un cambio de vida para disminuir los riesgos a padecer alguna enfermedad a futuro.

Se sabe que la escasa actividad física y los hábitos sedentarios en la adolescencia, tienden a perpetuarse en la edad adulta y los convierte en un factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares, diabetes de tipo II, así como alteraciones osteomusculares y otras enfermedades

crónicas no transmisibles. (Poletti y Barrio, 2007)

Durante las últimas décadas se ha podido observar que el aumento de peso ha ido creciendo, y uno de los factores es la alimentación, ya que el llevar una alimentación desbalanceada, en donde los principales alimentos es comida rápida deja mucho a decir, y este es un problema que se genera por los padres, ya que con la urbanización y las libertades que nuestro país se ha ido tomando hacen que ahora no se tome un tiempo para hacer comida en casa, porque ya todo lo necesario esta a la mano y si a esto le sumamos que las comidas se pueden conseguir rápidamente a un precio cómodo y en donde se quedan satisfecho, resulta fácil para los padres. (Romero et al., 2008)

Con respecto a los patrones de consumo es importante mencionar que los hábitos alimenticios han sufrido modificaciones importantes en las últimas décadas, ya que se pasó de ingerir comida casera a comida congelada o tipo “supermercado”, la cual está cargada de carbohidratos y grasa saturada. (Patiño, s.f.)

El trabajo propuesto ofrece un diagnóstico en edades tempranas de los factores que desencadenan el sobrepeso y la obesidad. Dichos factores son los hábitos alimentarios, y la falta de actividad física, que pueden ser controlables con una educación adecuada. En los últimos años nuestro país se ha colocado en número uno con sobrepeso y obesidad en los adultos, con el 70%, razón necesaria para tomar como base este tipo de trabajos en la prevención temprana.

La pertinencia del trabajo ofrecerá las bases fundamentales para establecer las estrategias de atención de identificación y

atención de los factores de riesgo, que se presentan en edades tempranas, como malos hábitos alimentarios y falta de

actividad física, sin ser percibidos como la gestación del riesgo que en edades adultas.

Metodología

Materiales

- Cinta marca SECA 201
- Bascula portátil marca TANITA modelo BF-680
- Estadímetro portátil marca bodymeter 2008

Diseño del estudio

El estudio es de tipo transversal, desarrollado en una evaluación antropométrica de peso y talla con el fin de identificar el Índice de Masa Corporal y un cuestionario autoaplicado a los niños para conocer más profundamente su alimentación y actividad física.

Población y Muestra

La población son 101 niños de 6to grado (11 a 12 años) de dos escuelas de Cd. Juárez.

Criterios de selección

Incluyentes

Todos los niños de 6to año de las dos escuelas primarias

Los niños que sus padres estuvieron de acuerdo con el estudio

Los niños que presenten la edad establecida 11 a 12 años de edad.

Excluyentes

Los niños los cuales sus padres no dejen estar en el estudio

Los niños que estén en sexto grado y no presenten las edades indicadas (11 a 12 años)

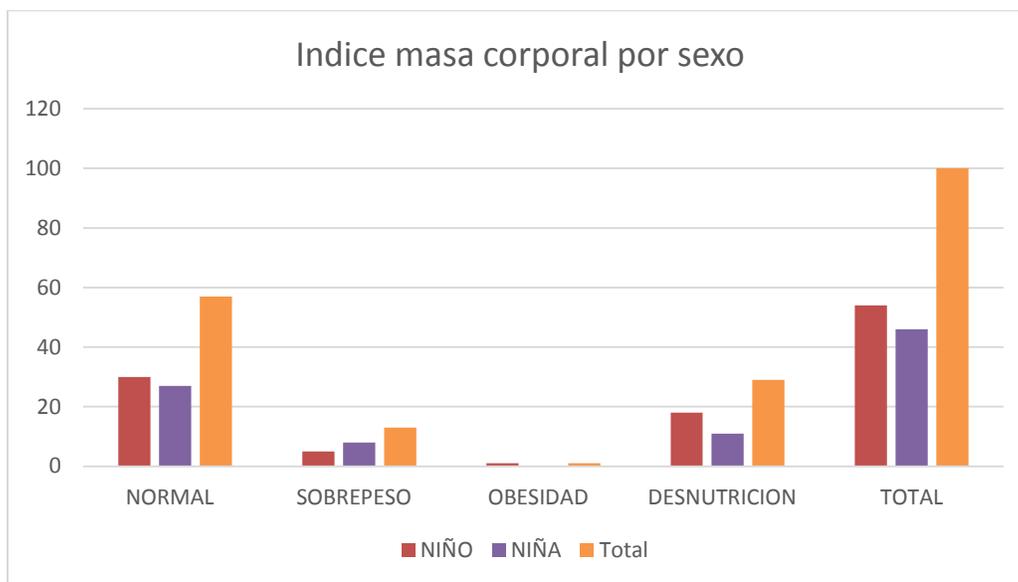
Técnica

- Determinación de hábitos alimentarios (Cuestionario de preguntas con 25 ítems)
- Determinación del estado Nutricional (Por medio de percentiles CDC, IMC)

Procedimiento

Primeramente se pidió un permiso a los padres por medio de una carta consentimiento para poder hacer un estudio antropométrico y aplicarle un cuestionario a sus hijos. Después de que se obtuvo el permiso firmado, se realizó la toma de mediciones antropométricas (niños de 11 a 12 años), en las cuales se tomó peso, talla con el fin de deducir el Índice de Masa Corporal. Una vez que se obtuvieron los datos de las mediciones antropométricas se analizaron con el fin de determinar cuál era el estado de su peso. El cuestionario que se aplicó fue con el fin de obtener datos más personales tanto de alimentación como de ejercicio.

Resultados



Pearson $\chi^2(3) = 2.9185$ Pr = 0.404

Figura 1. Relación Índice de masa corporal por Sexo

La relación Índice de Masa Corporal-sexo, nos indica que del 100% de participantes evaluados el 30% de niños y el 27% de niñas presentan un peso normal, el

5% de niños y el 8% de niñas presentan sobrepeso y solo 1% en niños presentan obesidad. Por otra parte el 18% en niños y el 11% niñas presentan desnutrición.

Tabla 1. IMC en relación al ejercicio.

	Interpretación IMC		
	0-1 veces/sem	4 o mas veces/sem	Total %
Normal	40	17	57%
Sobrepeso	9	4	13%
Obesidad	1	--	1%
Bajo peso	21	8	29%
Total	71	29	100%

Tabla 2. IMC en relación al consumo de comida chatarra.

Interpretación IMC			
	1-2 veces/sem	3 o mas veces/sem	Total
Normal	23	34	57
Sobrepeso	6	9	15
Obesidad	--	1	1
Bajo peso	17	12	29
Total %	44%	56%	100%

Según las estadísticas de Índice de masa corporal y ejercicio (tabla 1) indican que el 40% de los niños que presentan un IMC normal realizan ejercicio de 0 a 1 vez por semana, 9% de los niños que presentan sobrepeso realizan ejercicio de 0 a 1 vez por semana y el 1% encontrado con obesidad también realiza ejercicio solo de 0 a 1 vez por semana. Por otra parte en los niños con bajo peso el 21% de ellos realizan ejercicio de 0 a 1 vez por semana.

En la tabla 2 se muestra la relación entre el IMC con el consumo de comida

chatarra. El 9% de la muestra que presenta sobrepeso respondió que tiene un consumo de estos alimentos de 3 a mas veces por semana y el 1% encontrado con obesidad también los consume de 3 a mas veces por semana.

Como total se observa que el 56% de la muestra tenga o no sobrepeso u obesidad tiene un consumo elevado de este tipo de alimentos ya que los consumen de 3 a más veces por semana.



Figura 2. Prevalencia de obesidad en Niños de 12 años.

La prevalencia de Índice de masa corporal indica que el 57% de niños presentan un peso normal, 13% presenta

sobrepeso, 1% solo presenta obesidad y en cambio 29% presentan desnutrición.

Conclusiones

Los hábitos alimentarios son los causantes de determinar el estado de salud en que se encontraran los niños escolares, en este trabajo se demostró que el 13 % presenta sobrepeso, se pudo observar que el consumo de refrescos, hamburguesas y comida chatarra son elevados. Hay que destacar que los niños con sobrepeso el 7 % no realiza ejercicio o solo lo hacen una vez por semana, el 2 % realiza ejercicio de dos a tres veces por semana, y 4 % lo realizan de 4 o más veces por semana. Esto nos está indicando que el sedentarismo también influye en el peso, en un estudio realizado por Norry (2007) se destaco que el 73% de 199 niños ven TV o utilizan la computadora más de 2 horas diarias, este puede estar relacionado con los datos obtenidos de falta de actividad física en los escolares, ya que son muy pocos los niños que realizan una actividad físicamás de 4 veces por semana lo que nos indica que el tiempo libre lo utilizan para estar en casa.

Hay que mencionar que en un estudio que realizaron Verduin et al. (2005), describieron que el 50 % a 77 % de los niños que presentan un cierto grado de sobrepeso u obesidad es debido a que no realizan algún tipo de actividad física y tienen una mala alimentación, estos resultados son un tanto similares a los obtenidos en este estudio ya que los niños con sobrepeso y obesidad son los que menos actividad física realizan.

Es necesario darle la importancia debida a la alimentación y actividad física ya que una buena alimentación debe ser inculcada desde una edad temprana y desde

casa, no se trata de evitar o prohibir alimentos si no la cantidad y la frecuencia, por otra parte el fijar horarios para realizar actividad física o el realizar un deporte y el apoyo familiar son básicos.

Hoy en día los hábitos alimentarios son demasiado importantes en la salud de los niños ya que se ha demostrado que están estrechamente relacionados con el peso, por otra parte la actividad física complementa ya que el permanecer sedentarios o el tener un tipo de ejercicio va influir en el peso. El presente estudio se realizo con el fin de identificar hábitos alimentarios y la actividad que realizan los niños de 6to año, y cuáles son los puntos críticos y los que más marcan tendencia en los diferentes estados de salud.

En la escuela en que se realizaron los estudios se demostró que la prevalencia de obesidad y sobrepeso no estaba tan excedida, mas se pudo lograr apreciar que los hábitos de los niños no fueron los esperados tanto en comida chatarra como en frutas y verduras, no hay que dejar a un lado el consumo de refrescos ya que la mayoría de los niños los consumen y son una fuente importante de calorías.

La actividad física se hizo notar muy poco y el porcentaje de niños que realizan algún tipo de ejercicio está por debajo de lo recomendado, indicándonos que sus horas libres las pasan frente a una computadora o un televisor.

Es necesario que se empiece actuar y que la cultura de comer saludable y ejercer

una actividad física venga desde casa, con el fin de prevenir complicaciones a futuro y que las estadísticas tanto de obesidad y

sobrepeso puedan disminuir y la calidad de vida de los niños mejore.

Referencias

Macias, A. I., Gordillo, L. G., & Camacho, E. J. (2012). Hábitos alimentarios de niños en edad escolar y el papel de la educación para la salud. *Revista chilena de nutrición*, 39(3), 40-43.

Patiño Pozas, M. (s.f.) La obesidad y sus repercusiones psicológicas. Obtenido en línea http://www.hablemosclaro.org/carrusel/c_obesidadpsic.aspx#.UXCudoJ4pJ8

Poletti, O.H., & Barrios, L. (2007). Sobrepeso, obesidad, hábitos alimentarios, actividad física y uso del tiempo libre en escolares de Corrientes (Argentina). *Revista Cubana de Pediatría*, 79(1), 0-0. [citado 2014-04-01], pp. 0-0 . Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312007000100006&lng=es&nrm=iso. ISSN 1561-3119.

Romero-Velarde, E., Campollo-Rivas, O., Castro-Hernández, J. F., Cruz-Osorio, R. M., & Vásquez-Garibay, E. M. (2006). Hábitos de alimentación e ingestión de calorías en un grupo de niños y adolescentes obesos. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 63(3), 187-195.

Ruiz-Martínez, E., Álvarez-Martínez, I., Ruiz-Jaramillo, M.delaC. (2012). Hábitos de alimentación en niños con sobrepeso y obesidad. *Pediatría de México* 14(3): 124-132.

Verduin, P., Agarwal, S., & Waltman, S. (2005). Solutions to obesity: perspectives from the food industry. *The American journal of clinical nutrition*, 82(1), 259S-261S.

ANEXO A

Cuestionario de actividad y alimentación

Encierra tus respuestas

1. Cuantas horas por día vez televisión o juegas video juegos?
a. 0-1 b. 2-3 c. 4 o mas
2. Cuantas horas por día pasas frente a la computadora?
a. 0-1 b. 2-3 c. 4 o más
3. Cuantos días por semana haces ejercicio (caminar, juegos de equipo, correr, aerobics, natación, baile, etc.)?
a. 0-1 b. 2-3 c. 4 o mas
4. Cuantas veces por semana te vas a la escuela sin desayunar?
a. Ninguna b. 1-2 c. 3 o mas
5. Que acostumbras desayunar con más frecuencia?
a. Huevos b. Hot cakes o waffles c. Cereal integral o avena d. Cereal endulzado
e. Pan dulce f. Yogurt o licuado con fruta g. Burrito h. No desayuna
6. Que acostumbras beber en el desayuno?
a. Nada b. Leche con chocolate c. Leche sola (entera)
d. Leche sola (descremada) e. Jugo f. Café
g. Otro especifique: _____
7. Cuantos días a la semana comes vegetales verdes (apio, brócoli, calabacitas, coliflor, espinacas, ejotes, pepino, repollo, lechuga)?
a. Ninguno b. 1-4 c. 5 o mas
8. Cuantos días a la semana consumes otras verduras (chícharo, zanahoria, tomate, cebolla)?
a. Ninguno b. 1-4 c. 5 o mas
9. Cuantas veces a la semana consumes frijoles o lentejas?
a. Ninguno b. 1-4 c. 5 o mas
10. Con que frecuencia comes fruta?
a. No como fruta b. 1-2 veces a la semana c. 3-6 veces a la semana d. Diariamente
11. Cuantas veces al día tomas refrescos (que no sean de dieta)?
a. Ninguna b. 1-2 veces al día c. 3 o más veces al día
12. Cuantas veces al día tomas bebidas como frutsi, paupau, naranjadas, koll-aid?
a. Ninguna b. 1-2 veces a día c. 3 o más veces al día

13. Cuantas veces al día tomas jugos de fruta natural o aguas de fruta endulzadas con azúcar?
a. Ninguna b. 1-2 veces a día c. 3 o más veces al día
14. Cuantas veces al día tomas bebidas para deportistas (gatorade, powerade)?
a. Ninguna b. 1-2 veces a día c. 3 o más veces al día
15. Cuantas veces al día tomas leche con chocolate nesquik o choco milk etc.?
a. Ninguna b. 1-2 veces a día c. 3 o más veces al día
16. Con que frecuencia comes papas fritas (Mc Donals, Wendys, etc)
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
17. Con que frecuencia comes nachos?
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
18. Con que frecuencia comes pizza?
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
19. Con que frecuencia comes hamburguesas?
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
20. Con que frecuencia comes sopas instantáneas (maruchan, ramen, o knorr) ?
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
21. Con que frecuencia comes papas de bolsitas (sabritas, barcel, doritos, tostitos) ?
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces e. Varias veces al día
22. Con que frecuencia comes galletas duces (barritas de frutas, emperador, oreo, chokis, etc)?
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces
23. Con que frecuencia comes dulces o chocolates?
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces e. Varias veces al día
24. Con que frecuencia comes pastelillos (gansitos, pingüinos, submarinos etc.) ?
a. Nunca b. 1-2 veces por semana c. 3-4 veces por semana d. 5 o más veces

Fuente: Tesis UACJ Obesidad y sobrepeso en preescolares del jardín de niños Juan escutia en ciudad Juárez Por aracely jurado Torres 2009

ANEXO B

Tabla IMC niños y niñas de 2 a 18 años

EDAD	IMC 25kg/m ²		IMC 30 kg/m ²	
	Niños	Niñas	Niños	Niñas
2 a	18.4	18.0	20.1	20.1
2 a 6m	18.1	17.8	19.8	19.5
3 a	17.9	17.6	19.6	19.4
3 a 6m	17.7	17.4	19.4	19.2
4 a	17.6	17.3	19.3	19.1
4 a 6m	17.5	17.2	19.3	19.1
5 a	17.4	17.1	19.3	19.2
5 a 6m	17.5	17.2	19.5	19.3
6 a	17.6	17.3	19.8	19.7
6 a 6m	17.7	17.5	20.2	20.1
7 a	17.9	17.8	20.6	20.5
7 a 6m	18.2	18.0	21.1	21.0
8 a	18.4	18.3	21.6	21.6
8 a 6m	18.8	18.7	22.2	22.2
9 a	19.1	19.1	22.8	22.8
9 a 6m	19.5	19.5	23.4	23.5
10 a	19.8	19.9	24.0	24.1
10 a 6m	20.2	20.3	24.6	24.8
11 a	20.6	20.7	25.1	25.4
11 a 6m	20.9	21.2	25.6	26.1
12 a	21.2	21.7	26.0	26.7
12 a 6m	21.6	22.1	26.4	27.2
13 a	21.9	22.6	26.8	27.8
13 a 6m	22.3	23.0	27.2	28.2
14 a	22.6	23.3	27.6	28.6
14 a 6m	23.0	23.7	28.0	28.9
15 a	23.3	23.9	28.3	29.1
15 a 6m	23.6	24.2	28.6	29.3
16 a	23.9	24.4	28.9	29.4
16 a 6m	24.2	24.5	29.1	29.6
17 a	24.5	24.7	29.4	29.7
17 a 6m	24.7	24.8	29.7	29.8
18 a	25.0	25.0	30.0	30.0

Fuente: Fuente : Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide : international survey. BMJ 2000; 320:1240-3

Diseño de prototipo de articulación glenohumeral artificial para la rehabilitación de extremidades superiores

Oliver Granillo Vargas¹, Néstor Ramírez Morales¹, Raul Ñeco Caberta¹, Luis Ricardo Vidal Portilla¹

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo presentar los resultados de investigación del diseño de un mecanismo que imite el movimiento de la articulación glenohumeral, para usarse en la rehabilitación de extremidades superiores humanas. El desarrollo de prótesis ha ido en aumento, y en muchos casos se tienen grandes oportunidades de desarrollo y mejora, dentro de las cuales se pueden mencionar: carencia de grados de libertad, gran número de cables, falta de movilidad. Para ello se propone el uso de una metodología con el fin de obtener los datos necesarios para el diseño y que cumpla con los requerimientos óptimos de funcionamiento

Palabras clave: Exoesqueleto, Articulación glenohumeral, Grados de libertad, Flexión.

Introducción

La investigación presenta la propuesta de diseño de un mecanismo que permita la rehabilitación a padecimientos o lesiones del área glenohumeral del cuerpo humano, tal como puede ser una fractura, artritis reumatoide, tejidos dañados u osteoartritis entre otros. Esta rehabilitación está basada en movimientos ligeros de la articulación glenohumeral, y se lleva a cabo mediante el uso de un exoesqueleto para las extremidades superiores del cuerpo, que permitirá movimientos suaves y precisos que faciliten al paciente una pronta recuperación o en caso de perder movilidad en las extremidades, para ayudar en la movilidad motriz de los hombros.

Un exoesqueleto por definición es un esqueleto protector fuera de un objeto, es decir, una estructura que se usa sobre el cuerpo diseñada para ayudar y proteger al usuario. Los exoesqueletos mecánicos o de tipo robótico, son máquinas móviles que

permiten mejorar el rendimiento, aumentar la fuerza y resistencia del usuario. Los sistemas de exoesqueletos robots es una de las áreas más activas de investigación actualmente (Gopura et al., 2011).e tanto los exoesqueletos mecánicos cuentan con varios componentes básicos para su funcionamiento que son el marco exterior, el sistema de energía, sensores biométricos, controlador, actuadores, y un control de balance y paso (Marcial, 2011). La investigación y el desarrollo de estas estructuras robóticas están ramificados en dos direcciones bien definidas como lo son el uso militar y uso médico. En el caso de este último, los usuarios de este tipo de dispositivos son aquellas personas de edad con problemas de motricidad o deficiencia muscular, personas con discapacidades físicas y sujetos con necesidades de trabajos fisioterapéuticos. Son dos áreas de investigación y desarrollo totalmente paradójicamente opuestas, pero que tienen la

¹ | Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura y Departamento de Ingeniería Mecatrónica, del Instituto de Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

misma finalidad que es optimizar la facultad física humana.

Existen en desarrollo varias investigaciones sobre exoesqueletos para el tratamiento y rehabilitación de extremidades superiores, que van desde 3 grados de libertad (GDL) hasta 7 GDL, pero en su mayoría no cuentan con la capacidad imitar al 100% el movimiento de las extremidades humanas con los grados de libertad necesarios para cada articulación, específicamente en el área de la articulación glenohumeral mejor conocida como hombro (Ball et al., 2007). Además de ello, dichos prototipos tienen un número considerable de elementos que si bien agregan funcionalidades incrementa su costo.

La articulación glenohumeral (Figura 1) es una articulación perteneciente al grupo de las enartrosis, cuyas superficies articulares son la cabeza del húmero y la cavidad glenoidea de la escápula, ambas recubiertas de cartílago articular hialino.



Figura 1. Diagrama de la articulación glenohumeral (Wikipedia, s.f.)

El hombro humano es capaz de realizar dinámicas con múltiples grados de libertad, controlado por un amplio sistema muscular. Biomecánicamente, la articulación glenohumeral tiene el mayor grado de libertad en el cuerpo humano (Terrier, 2010) incluso limitando la

articulación a 3 GDL, los modelos son matemáticamente indeterminados, debido a que tienen más músculos, traducido a incógnitas en el modelo, que grados de libertad, es decir ecuaciones dinámicas. La opción directa es limitar el análisis a la articulación glenohumeral y considerar solamente los grados rotacionales de libertad, es decir, sin tomar en cuenta la elevación escapular, asumiendo que la articulación es una articulación esférica.

La articulación del hombro es difícil de medir ya que permite el movimiento en muchas direcciones diferentes. El rango normal de movimiento incluye mover el brazo horizontalmente frente al individuo (flexión horizontal) a 130 grados y atrás del individuo (extensión horizontal) de 30 a 45 grados. El brazo debe moverse frente al cuerpo (flexión vertical) a 180 grados, arriba detrás del cuerpo y hacia la espalda (extensión vertical) de 45 a 60 grados y arriba a un lado del cuerpo a 180 grados (Castillo González, 2012).

El momento cinético creado en el hombro por el peso del brazo es el producto del peso del mismo por la distancia perpendicular entre el centro de gravedad del brazo y el eje de rotación del hombro, véase Figura 2.

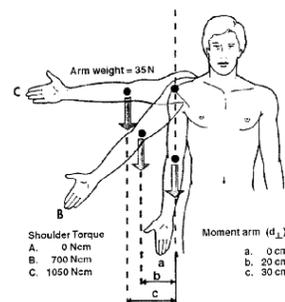


Figura 2. El momento cinético creado en el hombro por el peso del brazo (Martín, 2001).

El momento creado en el hombro al flexionar el codo disminuye al ser menor la distancia entre el centro de gravedad y el eje de rotación, véase Figura 3.

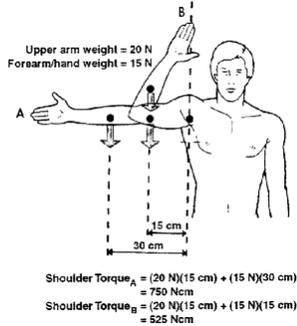


Figura 3. El momento creado en el hombro al flexionar el codo (Martín, 2001).

Para el tratamiento de pacientes con patologías e impedimentos corporales se han presentado varios prototipos de exoesqueletos entre los más avanzados se encuentra HAL 5 (ver Figura 4) de Cyberdyne y la Universidad de Tsukuba de Japón, este es un exoesqueleto de cuerpo completo que es usado en hospitales en Japón; en el 2013 se le otorgó la certificación de seguridad mundial [12]. Funciona con señales microeléctricas originadas en el cerebro que van a los músculos, además utiliza sensores para la estimación de la postura del torso que ayuda a medir la estabilidad del sistema.

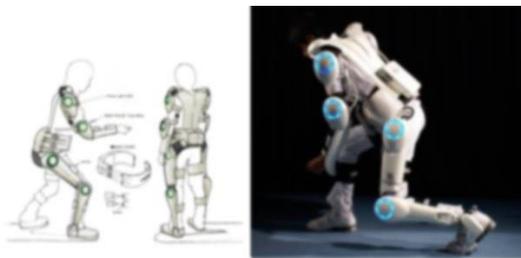


Figura 4. Exoesqueleto HAL 5 (Agence France-Press. (2013).

El exoesqueleto MGA (Maryland-Georgetown-Army) es el primero en tomar en consideración el movimiento del hombro en un exoesqueleto y este fue usando una unión ball-socket y un desplazamiento de 1 grado de libertad (GDL), véase Figura 5, esto causaba una mala alineación en la rotación tanto del robot como del usuario.



Figura 5. Exoesqueleto MGA (Carignan et al., 2008).

El ARMin III (Figura 6) también propuso un mecanismo con 3 GDL, este usaba para su beneficio la mala alineación entre el mecanismo y el paciente para permitir que el centro de la articulación glenohumeral (CAG) hiciera un movimiento circular similar a la articulación real y eso no requería un actuador extra [8].

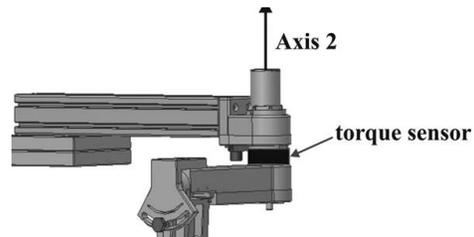


Figura 6. ARMin III (Nef et al., 2007).

En el 2007 se presenta un diseño para una máquina de rehabilitación de 5 GDL, el MEDARM, el cual consta de un mecanismo de poleas para la transmisión de fuerza de 5 motores al hombro y brazo del paciente, este mecanismo cuenta con la desventaja de ser tan pesado, además que el mecanismo del hombro consta de 3 eslabones. Posteriormente se presenta un rediseño (Ball, 2007), véase Figura 7



Figura 7. Exoesqueleto MEDARM (Ball, 2007).

Esta propuesta de diseño tiene como meta, ofrecer una alternativa que represente una fabricación sencilla y pueda ser implementada con el menor número de elementos posible.

Metodología

Después de describir la mayoría de aspectos generales del área glenohumeral se puede empezar con un diseño específico. En este caso se presentará la ingeniería del diseño con el modelo de Morris Asimow (1962) que plantea de la totalidad del proceso de diseño las siguientes fases: análisis, síntesis, evaluación y decisión, optimización, revisión e implementación (Del Carmen, 2006).

Diseño

El sistema cuenta con 2 grados de libertad sin potencia, estos equivalen a un desplazamiento y a rotaciones en X y Y, estos movimientos son complementarios para la movilidad del hombro humano (Terrier, 2010) eso se logra usando secciones con uniones rotatorias. La medida estándar del ser humano de una edad entre 20 a 65 años son las siguientes con un peso máximo de 60 kg. (Henry Dreyfuss Associates, 2001):

- Distancia de centro a centro de los hombros = 31.75 cm
- Separación entre las clavículas = 5.6642 cm
- Radio del hombro = 5.842 cm
- Longitud de la clavícula = 13.0429 cm

- Distancia entre el centro del hombro y la espalda = 10.16 cm

Tomando en cuenta las medidas de Henry Dreyfuss (*ibid.*) se hace un diseño de un área de trabajo para el diseño (Figura 8), el cual es la sección transversal a la altura de la articulación glenohumeral.

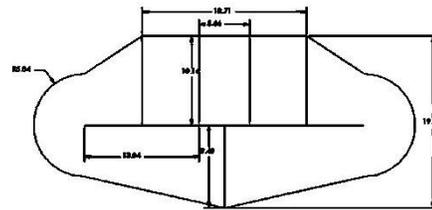


Figura 8. Sección transversal del torso humano a la altura de la articulación glenohumeral.

Teniendo las medidas del torso, así como la medida de la base, se procede a realizar los cálculos de las distancias en los ejes de movimiento para la elevación, depresión, flexión y extensión de la clavícula (Figura 9), ángulos que presenta el Dr. Taylor Craig (Taylor, 1955).

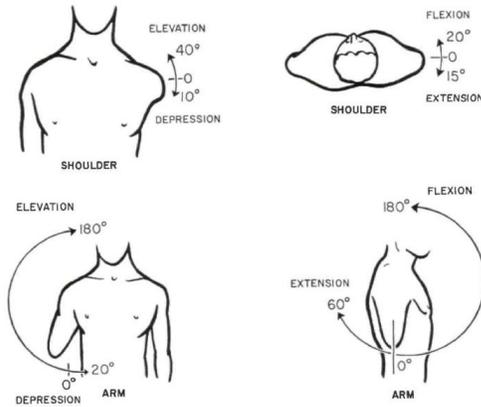


Figura 9. Elevación, depresión, flexión y extensión (*ibid.*).

- Elevación

Longitud de Clavícula = 13.0429 cm

Angulo = 40°

$$X = 13.0429 \cos 40 = 9.9914 \text{ cm}$$

$$Y = 13.0429 \sin 40 = 8.3838 \text{ cm}$$

- Depresión

Longitud de Clavícula = 13.0429 cm

Angulo = 10°

$$X = 13.0429 \cos -10 = -12.8447 \text{ cm}$$

$$Y = 13.0429 \sin -10 = -2.26487 \text{ cm}$$

- Flexión

Longitud de Clavícula = 13.0429 cm

Angulo = 20°

$$X = 13.0429 \cos 20 = 12.2563 \text{ cm}$$

$$Y = 13.0429 \sin 20 = 4.46093 \text{ cm}$$

- Extensión

Longitud de Clavícula = 13.0429 cm

Angulo = 15°

$$X = 13.0429 \cos -15 = -12.5947 \text{ cm}$$

$$Y = 13.0429 \sin -15 = -3.37575 \text{ cm}$$

Estas son las posiciones en el plano cartesiano de la clavícula artificial (elevación y depresión), así como la posición angular al efectuar los movimientos de flexión y extensión. Habiendo determinado lo anterior, se prosigue a diseñar el soporte principal de la articulación glenohumeral, pieza que se localizará centrado en la parte posterior de la espalda alta individuo a la altura de central de los hombros, ocupará el espacio que se encuentra entre los omoplatos en un espacio de 18.71 cm de distancia. Para lograr el eje de rotación para la clavícula en el eje Y se usara un eje de 1 cm de radio y 4 cm de largo, es por esto que la placa base medirá 18.71 cm de centro a centro de los ejes, por 1.5 cm de ancho con un redondeo en los extremos de 0.75 cm de radio y un grosor de 0.5 cm, véase Figura 10

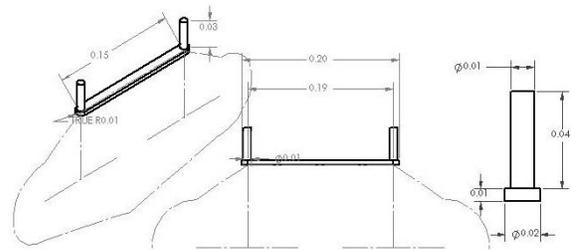


Figura 10. Soporte base de la articulación glenohumeral artificial.

Con los valores de posición para cada uno de los movimientos de la clavícula y el soporte principal se diseñan articulaciones rotacionales para cumplir las necesidades de los movimientos simples del hombro (elevación, depresión, flexión y extensión).

Por medio de los teoremas de senos y cosenos se obtiene esta pieza (Figura 11), la cual permite un ángulo de apertura de 165.75° , ángulo mayor a los 35° de apertura necesarios para los movimientos de flexión y extensión. Esta unión tiene un ancho de 4 cm, mismo ancho que el largo de los ejes de la base principal, de largo 4.25 cm con una perforación central de 0.5 cm de radio, por esta perforación se agregará otra unión rotatoria, en la vista transversal se puede observar un corte de un grosor de 1 cm y un largo de 3 cm es por aquí donde embonara la otra unión además de que tiene el corte cilíndrico equivalente al eje de la base principal, este corte al conectarse con el eje de la base principal, permitirá el movimiento de elevación y depresión con una apertura mucho mayor a los 50 grados necesarios, ya

que esta unión permite una rotación de 82.87 grados en ambas direcciones.

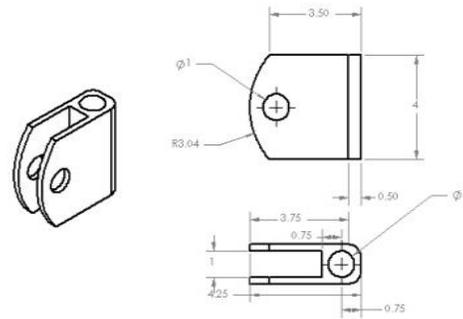


Figura 11. Horquillas de eje X y Y.

La posición global de la unión según la elevación o depresión, tomando como origen centro el eje lateral, es la siguiente:

$$\theta = 40^\circ ; -10^\circ$$

$$P_A = RP_B = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4.25 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$P_A = \begin{bmatrix} \cos 40 & -\sin 40 & 0 \\ \sin 40 & \cos 40 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4.25 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2557 \\ 2.73185 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$P_A = \begin{bmatrix} \cos -10 & -\sin -10 & 0 \\ \sin -10 & \cos -10 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4.25 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.1857 \\ -0.7380 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Con base a la primera unión rotacional diseñamos su contraparte, figura 12, que a diferencia de la pieza anterior en el corte transversal se observa un relieve de 1 cm de grosor en el centro de la pieza con 0.03 cm largo lo que permite que embone en la pieza antes descrita y así logran una segunda unión rotacional que permitirá los movimientos de flexión y extensión, del extremo contrario a la unión rotacional se encuentra una conexión tubular, para empotrar un eje que funcionara como una

clavícula artificial, de 1 cm de diámetro interior y 3 cm de rosca interna.

El eje que sustituirá a la clavícula es un eje solido de 1 cm de diámetro por 5.11 cm de largo en el eje X, una curvatura en un extremo de 4 cm de diámetro y terminando con 10.66 cm de largo en el eje Y, como lo muestra la Figura 13.

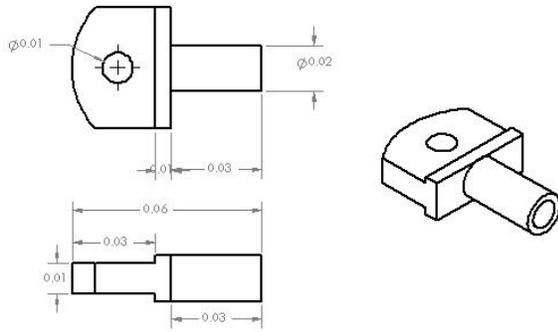


Figura 12. Horquilla de eje Y y soporte de la clavícula artificial.

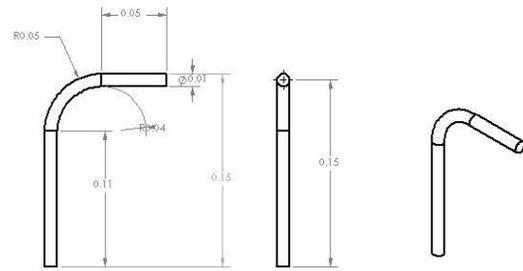


Figura 13. Clavícula artificial

La posición global de la unión según la flexión o extensión, tomando como origen el centro el eje y la clavícula artificial unida, es la siguiente:

$$\theta = 20^\circ ; -15^\circ$$

$$P_A = R P_B = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16.91 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$P_A = \begin{bmatrix} \cos 20 & -\sin 20 & 0 \\ \sin 20 & \cos 20 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16.91 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15.8808 \\ 5.7801 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$P_A = \begin{bmatrix} \cos -15 & -\sin -15 & 0 \\ \sin -15 & \cos -15 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16.91 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16.3241 \\ -4.3740 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Para el diseño de la base para la rótula se aumentó el diámetro de la cabeza del humero un 10.8225% de 46.2 mm [26] a 5 cm, este aumento se debió a la necesidad de manipular correctamente la superficie de contacto del humero artificial. La unión rotacional no se encuentra centrada, esto debido al factor de elevación y depresión así que se desplazó hasta estar a 2.23 cm de la orilla de una de las bases para los servomotores. Cada torre tiene una separación de 5.57 cm y una separación angular de 120 grados entre cada uno de los 3 soportes, tal como lo muestra la figura 14.

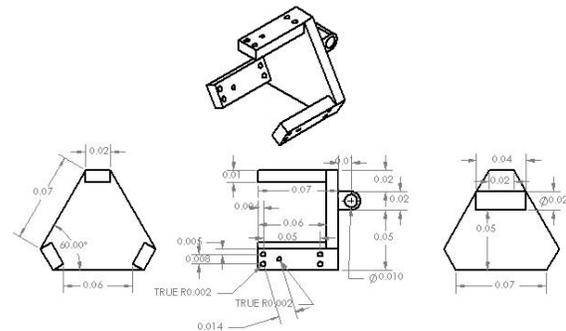


Figura 14. Base para rotula.

Los soportes para el humero artificial, véase Figura 15, tienen una

curvatura que permite que estas abrasen al humero artificial y así no pueda salir de su posición pero si permitir los 3 GDLR. Las medidas se basaron en el contacto que deben tener con una esfera de 5 cm y la distancia entre la esfera y los postes de soporte de los actuadores.

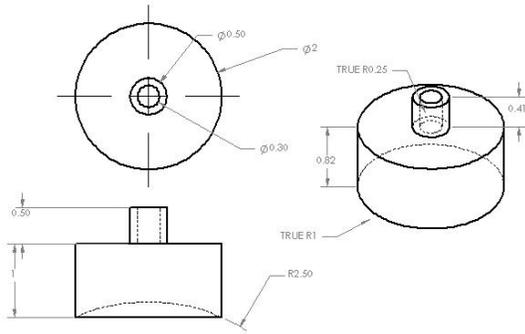


Figura 15 Soporte de hueso humero.

El diseño para el humero, Figura 16, se basó en las medidas obtenidas por Bolieau & Walch (1997), y el largo del hueso artificial se tomó como medida estándar para propósitos de facilitar su implementación.

Estos soportes detendrán y transmitirán el movimiento de los actuadores a un humero artificial, tal como lo muestra la Figura 17.

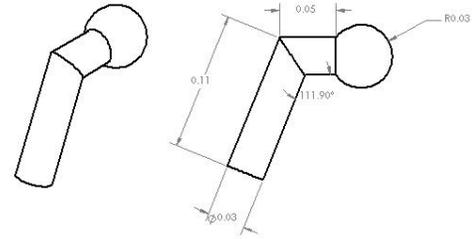


Figura 16 Hueso humero artificial.

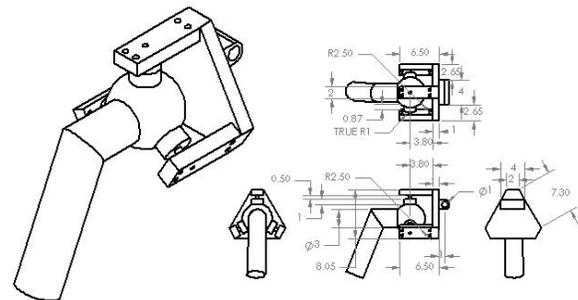


Figura 17. Articulación glenohumeral artificial sin clavícula.

Las ecuaciones de la base de la rótula con los soportes y el humero artificial para los movimientos de PITCH, ROLL y YAW son los siguientes:

$$\phi = 180^\circ; -20^\circ \quad \theta = 0^\circ \quad \alpha = 80^\circ; -60^\circ$$

$$P_A = RP_B$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \theta & \sin \phi \sin \alpha - \cos \phi \sin \theta \cos \alpha & \cos \phi \sin \theta \sin \alpha + \sin \phi \cos \alpha \\ \sin \theta & \cos \theta \cos \alpha & -\cos \alpha \\ \sin \phi \cos \theta & \sin \phi \sin \theta \cos \alpha + \cos \phi \sin \alpha & \cos \phi \cos \alpha - \sin \phi \sin \theta \sin \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ L \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \phi & \sin \phi \sin \alpha & \sin \phi \cos \alpha \\ 0 & \cos \alpha & -\cos \alpha \\ \sin \phi & \cos \phi \sin \alpha & \cos \phi \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ L \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} L(\sin \phi \cos \alpha) \\ L(-\cos \alpha) \\ L(\cos \phi \cos \alpha) \end{bmatrix}$$

Resultados

Simulación en software CAD

Se procedió a simular la articulación en un software que permite la ver el ensamble y el movimiento del mecanismo, también se realizó un estudio de stress y deformación bajo una fuerza aplicada de 35 Newtons (Martín, 2001), que es la fuerza de un brazo humano promedio para así identificar que posibles deformaciones por estrés de materiales, en la Figura 18 se puede observar los puntos de carga y el área de fijación en el mecanismo.

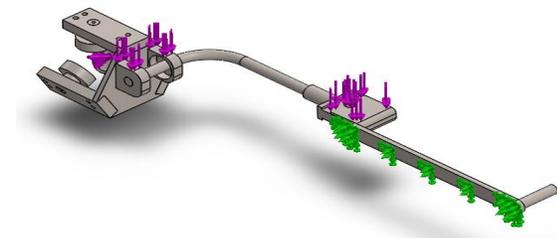


Figura 18. Simulación de la articulación con fuerzas de 35N aplicada.

La simulación mostró que existen dos puntos críticos en el diseño, estos son causados cuando se sobre carga el sistema y fallan los mecanismo de articulación para el movimiento pasivo, como se ve en la Figura 19, uno es en la clavícula la cual puede presentar un esfuerzo cortante y generar una falla en el material, la otra se localiza en la horquilla que conecta el sistema con el exoesqueleto.

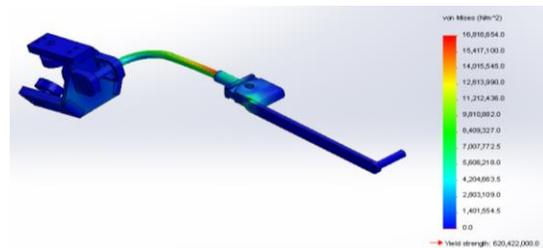


Figura 19. Resultado al estrés por carga aplicada.

Estos resultados fueron encontrados generando una falla en los mecanismos de movimiento de forma deliberada para encontrar puntos de ruptura en el sistema.

Fabricación de prototipo

Para el diseño de los ejes rotatorios para X y Y, se consiguieron horquillas comerciales como la SGS-M6 y SG-M6 (Figura 20) la cual tuvo que ser modificada debido a que no llenaba todas las especificaciones necesarias del diseño, evitando así la fabricación de las piezas para estos desplazamientos y logrando un decremento en los costos de fabricación.

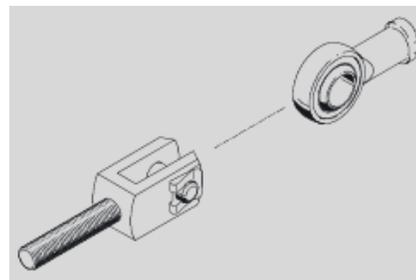


Figura 20. Horquillas SG-M6 y SGS-M6.

El diseño de la rótula no se modificó, únicamente el método de fabricación, ya que se consideró fabricarla de una pieza sólida, decisión que ponía en riesgo el presupuesto del prototipo así como el objetivo de lograr una reducción de precios en el mecanismo. Es por eso que se decide dividir la rótula, como se observa en la Figura 21, en 12 piezas: 3 piezas para el soporte de los servomotores, la base, 3 abrazaderas como 3 ejes y 2 piezas base para una unión rotacional, unión que no se tenía contemplado hasta el diseño final, el cual permitió agregar un grado de libertad extra.



Figura 21. Piezas de la rótula.

Conclusiones

Tras haber realizado las experimentaciones de movimiento con el prototipo, y analizar los resultados, se presentan a continuación las conclusiones de la investigación.

El modelo de Morris Asimow fue un elemento importante para el entendimiento de los temas necesarios para el desarrollo del prototipo, cada fase del modelo permitió visualizar claramente los avances, ayudando a la obtención de los datos estadísticos poblacionales del sector de la población que pudiera ser usuario de dicho diseño, además de permitir concluir las medidas necesarias para el prototipo.

En base al análisis de información de diseño y fabrico una articulación glenohumeral artificial, con 3 grados de libertad rotacionales activos y 2 grados de libertad pasivos, de menor tamaño y bajo peso que asemeja al hombro humano en su movilidad. Durante las pruebas se manipularon los movimientos de la rótula con una palanca de mando, la movilidad del mecanismo fue continua y suave. Siendo un elemento externo al cuerpo humano la comodidad del usuario se pone en

cuestionamiento, ya que cada usuario puede responder de forma diferente al uso de un mecanismo de tipo prostético.

Aunque el prototipo mostró un gran avance aún quedan aspectos a mejorar y trabajos en ellos, como lo son:

- Implementación de acelerómetros y sensores para determinar el movimiento exacto del usuario.
- Puntos de sujeción del mecanismo para que pueda ser usado como exoesqueleto.
- Terminación del humero artificial.
- Programación para evitar colisiones del humero con la articulación artificial.

La rotula también tiene diversas aplicaciones además de la médica, para rehabilitación, que se mostró en esta investigación, por su simplicidad y diseño puede ser usado en diferentes áreas de investigación de exoesqueletos, como antecedente para un articulación que permita un mejor desempeño de los usuarios de

exoesqueletos, militares o industriales, en las extremidades superiores. Por eso se debe extender la investigación, y así lograr un

sistema que pueda ser usado para cualquier individuo sin discriminar sexo, raza o edad.

Referencias

Agence France-Presse. (2013, 27 Feb). Japan robot suit gets global safety certificate, En línea:www.industryweek.com

Ball, S. J., Brown, I. E., & Scott, S. H. (2007, September). MEDARM: a rehabilitation robot with 5DOF at the shoulder complex. In *Advanced intelligent mechatronics, 2007 IEEE/ASME international conference on* (pp. 1-6). IEEE.

Bolieau, P., & Walch, G. (1997). The three-dimensional geometry of the proximal humerus implications for surgical technique and prosthetic design from the Medical University Hospital of Nice and Lyon, Franc., 79(5).

Castillo González, F. D. (2012). Nuevo tratamiento para la tendinopatía calcificante del hombro: lavado percutáneo guiado con ecografía (Disertación Doctoral, Universidad Complutense de Madrid).

Carignan, C. R., Naylor, M. P., & Roderick, S. N. (2008, May). Controlling shoulder impedance in a rehabilitation arm exoskeleton. In *Robotics and Automation, 2008. ICRA 2008. IEEE International Conference on* (pp. 2453-2458). IEEE.

Del Carmen, L. (2006). Metodología del diseño. En *Metodología del diseño: fundamentos teóricos*, 3ra. ed., Ed. Claves Latinoamericanas, ch. 4, pp.40-44.

Gopura, R. A. R. C., Kiguchi, K., & Bandara, D. S. V. (2011, August). A brief review on upper extremity robotic exoskeleton systems. In *Industrial and Information Systems (ICIIS), 2011 6th IEEE*

International Conference on (pp. 346-351). IEEE.

Henry Dreyfuss Associates. (2001). Anthropometry. En: *The measure of man and woman: human Factors in Design*, John Wiley & Sons Inc, ch. 1, pp. 290-282.

Marcial, F.P. (2011). *Diseño, Análisis y Modelación Cinemático de un Exoesqueleto Pasivo de Extremidad Inferior con Propósito de Rehabilitación*, Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, Escuela de Ingeniería, UDLAP, Cholula, Puebla.

Martín, J. A. (2001). Cinética articular del hombro. Revisión de una década de investigaciones. *Fisioterapia*, 23, 9-14.

Nef, T., Mihelj, M., Kiefer, G., Perndl, C., Muller, R., & Riener, R. (2007, June). ARMin-Exoskeleton for arm therapy in stroke patients. In *Rehabilitation Robotics, 2007. ICORR 2007. IEEE 10th International Conference on* (pp. 68-74). IEEE.

Taylor, C. L. (1955). *The biomechanics of control in upper-extremity prostheses*. National Academy of Sciences.

Terrier, A. (2010). "A muscle-skeletal shoulder model based on pseudo-inverse and null-space optimization," *Medical Engineering Phys*, 32(9): 1050-1056.

Wikipedia. (s.f.). *Articulación del hombro*. Licencia Creative Commons

Atribucion Compartir Igual 3.0, 3 de
Febrero del 2014. En línea:

[www.es.wikipedia.org/wiki/Articulaci3n_de
l_hombro.](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Articulaci3n_de_l_hombro)

Pulpo y la necesidad de un ambiente colaborativo para el estudio del cómputo paralelo en México

Jesús Israel Hernández¹, Youness El Hamzaoui¹, Victor Morales¹

Resumen

Aplicaciones complejas emergentes se caracterizan por requerir una cantidad considerable de recursos computacionales (CPU, memoria y almacenamiento). Resolver estas aplicaciones en computadoras secuenciales pudiera generar costos considerables en términos de desempeño y tiempo. Por otro lado, avances recientes en tecnologías de redes permiten a un conjunto de computadoras conectadas en red, colaborar en la solución de un problema particular. Esto ha promovido el cómputo paralelo en red como una alternativa viable en la solución de aplicaciones complejas. La idea es particionar una tarea compleja en tareas más pequeñas que pueden ejecutarse simultáneamente entre las diferentes computadoras de la red. Los algoritmos de asignación de tareas a computadoras se vuelven fundamentales al buscar reducir el tiempo de ejecución de la aplicación particionada. Este artículo busca fomentar el estudio del cómputo paralelo entre las instituciones de educación superior en México. Pulpo es una herramienta de simulación creada para evaluar algoritmos de asignación de tareas en plataformas distribuidas. Se pretende que pulpo sea una herramienta útil a la comunidad académica interesada en el área y a su vez permita crear un ambiente colaborativo en el estudio del cómputo paralelo. Proporcionamos resultados experimentales y enseñamos a utilizar las librerías de pulpo con un ejemplo.

Palabras clave: Cómputo paralelo, planificación de tareas, algoritmos heurísticos.

Introducción

Aplicaciones complejas emergentes requieren para su solución algorítmica una cantidad considerable de recursos computacionales (CPU, memoria y almacenamiento). Pretender resolver estas aplicaciones en computadoras secuenciales pudiera ocasionar costos considerables en términos de desempeño y tiempo. Tales aplicaciones comienzan a ser más comunes en ámbitos académicos y algunos sectores empresariales. Ejemplos de este tipo de aplicaciones son el procesar una cantidad masiva de datos para encontrar el bosón de Higgs, modelos para predecir el clima, reconocimiento de patrones, modelos geofísicos para la industria petrolera, entre otros.

Por otro lado, avances recientes en tecnologías de redes, permiten a un conjunto de computadoras heterogéneas conectadas en red, compartir recursos y colaborar coordinadamente en la solución de un problema (Chervenak et al., 2000; Foster et al., 2001; Mell & Grance, 2011). Esto ha impulsado la búsqueda de nuevos paradigmas de programación para solucionar aplicaciones complejas. El presente proyecto considera el cómputo paralelo (Pacheco, 2011; Razdan, 2014) en red como una alternativa viable en la solución de aplicaciones algorítmicas complejas. La noción del cómputo paralelo es particionar una tarea compleja en tareas más pequeñas

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, del Instituto de Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

tal que estas puedan asignarse y ejecutarse de manera coordinada entre las diversas computadoras que componen la red.

La aplicación particionada se puede representar por medio de diversos grafos dependiendo de la relación que exista entre las diversas tareas que conforman la aplicación. Este proyecto considera aplicaciones particionadas que se pueden representar por medio de un grafo dirigido acíclico (DAG, por sus siglas en inglés), donde las aristas representan las tareas particionadas y los vértices representan una relación precedencia entre tareas. La complejidad de estas aplicaciones radica en considerar las restricciones de precedencia al momento de asignar y ejecutar las tareas que forman el DAG a las computadoras de la red.

Se ha demostrado que el problema de asignar tareas de un DAG a computadoras es NP-completo en la mayoría de los casos (Adam et al., 1974). Esto ha inspirado a muchos investigadores a proponer algoritmos heurísticos de baja complejidad para su solución. En la literatura se observa que conforme avanza la tecnología de redes se hace necesario desarrollar nuevos tipos de algoritmos heurísticos para explotar las características emergentes de las redes. De esta forma, una gran cantidad de algoritmos en la literatura consideran las computadoras de la red como dedicadas a la aplicación y con el mismo desempeño a lo largo del tiempo (ej. clusters) (Gerasoulis & Yang, 1992; Eshaghian & Wu, 1997; Kwok & Ahmad, 1999; Topcuoglu, 2002; Beaumont et al., 2005). Algunos algoritmos recientes consideran redes con computadoras heterogéneas no dedicadas, distribuidas geográficamente y con desempeño variante a lo largo del tiempo (ej. grids, nubes, etc.) (Hernandez & Cole, 2007a; Hernandez & Cole, 2007b; Eun-Kyu et al., 2011; Olteanu

et al., 2011; Vouk & Mouallem, 2011; Olteanu et al., 2012). Estrategias de asignación de tareas en este tipo de plataformas se vuelven fundamentales, ya que las redes actuales siguen esta tendencia. Además, se necesitan desarrollar estrategias que permitan la tolerancia de fallas (Hernandez & Cole, 2007b; Sven et al., 2011) y optimizar el problema del tráfico de datos en la red (Agarwal et al., 2006). A pesar del esfuerzo mencionado, la naturaleza del problema ofrece oportunidades a la comunidad universitaria de contribuir en el entendimiento y dominio del problema.

La mejor estrategia para evaluar el desempeño de los algoritmos de asignación debería ser mediante su implementación en ambientes reales. Sin embargo esto se complica por las siguientes razones:

- 1) El desarrollo de una aplicación paralela real no es sencillo y se necesita invertir un tiempo considerable en la implementación.
- 2) Aplicaciones paralelas en ambientes reales toman largos periodos de tiempo en ejecutarse y para que los resultados sean estadísticamente confiables se tendrían que ejecutar un número considerable de experimentos.
- 3) Es difícil predecir el desempeño de los recursos en el tiempo.
- 4) Es difícil conocer la configuración de las computadoras de la red, en especial en ambientes donde los recursos no son dedicados.
- 5) La naturaleza cambiante de los recursos dificulta obtener patrones repetitivos, los cuales son muy importantes en el contexto de la investigación.

Por lo anterior, hay una clara necesidad de desarrollar herramientas de simulación que permitan evaluar algoritmos de asignación en plataformas distribuidas de manera realista. En GridSim (2010) y Simgrid (2009) los autores reportan trabajos similares realizados en este sentido: El proyecto Simgrid desarrollado por el INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique) en Francia y el proyecto Gridsim desarrollado por la Universidad de Melbourne en Australia. Pulpo contiene funcionalidades distintivas enfocadas en modelar plataformas computacionales con tendencias actuales. Tales funcionalidades permiten modelar la naturaleza dinámica de los recursos de red a lo largo del tiempo. Un caso particular es la posibilidad de modelar una falla controlada en algún recurso computacional de la red. Cabe mencionar, que modelar en su totalidad plataformas computacionales distribuidas recientes (ej., grids, clouds) puede ser extremadamente complejo y pulpo pudiera no ser suficiente para abstraer todos los detalles en la simulación (ej., sistemas por lotes, desperdicio de ancho de banda, etc.). Hasta el momento de la escritura del presente artículo, no existen trabajos similares en universidades de México.

Con el diseño de pulpo se pretende que un estudiante/investigador en el área:

- (i) Tenga una herramienta con un nivel de abstracción adecuado para realizar su trabajo;
- (ii) Implemente de manera rápida sus algoritmos de asignación;
- (iii) Realice simulaciones más realistas que otros trabajos previos;
- (iv) Pueda realizar pruebas de rendimiento que permitan evaluar su algoritmo con respecto a otros algoritmos;
- (v) Genere resultados de simulación confiables.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. La sección 2 muestra la visión general del proyecto. La sección 3 define el problema de asignación de tareas de una manera formal. La sección 4 presenta los resultados obtenidos. La sección 5 describe la API de pulpo y la sección 6 concluye el artículo con las conclusiones y trabajo futuro.

Visión general del proyecto

La literatura muestra la importancia que tiene actualmente el cómputo paralelo en la solución de problemas complejos. Es necesario que en México busquemos formas de avanzar en el estudio, comprensión y dominio de esta área del conocimiento. Por tal motivo nos enfocamos en el desarrollo tecnológico de pulpo y métodos de enseñanza de apoyo que nos permita impulsar el uso del cómputo paralelo en diversos sectores del país. Otros puntos

relacionados con la visión del proyecto se mencionan a continuación.

1.- Parte de nuestra motivación y esfuerzo se centran en que un estudiante de cualquier universidad del país, pueda tener acceso a pulpo, métodos de enseñanza y recibir asesoría en español para implementar sus proyectos.

2.- Posicionar a la UACJ como una universidad líder en el estudio y dominio del cómputo paralelo, fortaleciendo los

programas de ingeniería en sistemas computacionales, ingeniería en software y la maestría en cómputo aplicado.

3.- Buscamos escribir un libro teórico-práctico que contenga métodos de enseñanza apoyados con el uso de pulpo, orientados a formación de recursos humanos.

4.- Promover los beneficios de nuestro proyecto en la industria, que nos permita obtener financiamiento para nuevos proyectos de tecnología.

5.- Buscamos sumar el esfuerzo y talento de investigadores de otras universidades en este proyecto. Esto permitirá crear sinergias para fortalecer y consolidar los objetivos del proyecto.

Más allá de los beneficios tecnológicos que el proyecto puede aportar, también nos esforzamos por complementar la visión de las entidades encargadas de definir las políticas de tecnología del país. En este sentido expresamos los siguientes puntos que consideramos parte de la visión del proyecto.

1.- La mayor parte de nuestros investigadores se concentra principalmente en escribir artículos en revistas indizadas, porque así lo dictan las entidades encargadas de definir las políticas de tecnología del país. En muchos casos estos artículos solo fortalecen el currículum del investigador y no tienen un impacto significativo en el desarrollo tecnológico del país. Este proyecto busca mostrar los beneficios que pueden tener los desarrollos tecnológicos

propios en la formación de recursos humanos en áreas prioritarias del país.

2.- Un porcentaje alto de estudiantes no domina el inglés como segundo idioma. Esto puede marginar a estudiantes talentosos, con la capacidad de hacer aportaciones significativas en áreas prioritarias. Necesitamos hacer esfuerzos en crear desarrollos tecnológicos propios y ponerlos al alcance de los estudiantes de cualquier universidad. Esto permitirá motivar, descubrir, formar, orientar e integrar estudiantes que contribuyan con el desarrollo tecnológico del país.

La Fig. 1 sintetiza la visión del proyecto, la cual describimos a continuación. El ciclo de vida de una aplicación paralela inicia por un análisis metodológico para definir el dominio de la tarea compleja a resolver. Con este análisis se procede a particionar la tarea compleja en sub-tareas más pequeñas, cada una con su propio dominio. Después hay que definir las dependencias y transferencias de datos entre las tareas particionadas, dando como resultado la forma que tendrá la aplicación. Este proyecto considera aplicaciones en forma de un grafo acíclico dirigido (DAG por sus siglas en inglés). Algoritmos heurísticos de asignación de tareas a procesadores se vuelven esenciales en la solución de la aplicación (Kwok & Ahmad, 1999), ya que buscan optimizar el tiempo de ejecución de la aplicación. La complejidad del DAG radica en la ejecución coordinada de tareas respetando precedencias de tareas.

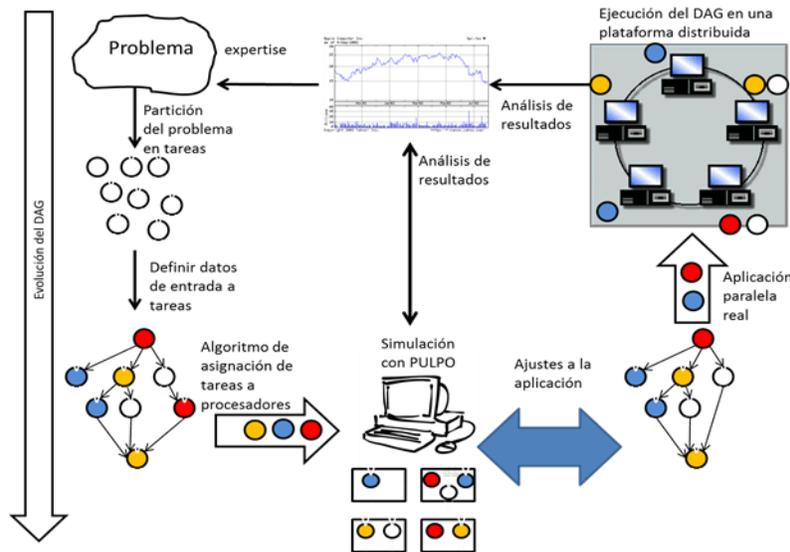


Figura 1. Ciclo de vida de una aplicación paralela.

Antes de emprender la ardua labor de implementar la aplicación en real, es necesario recurrir a la simulación para encontrar patrones repetitivos en ambientes controlados, que permitan entender, evaluar y optimizar el desempeño la aplicación. En este sentido, se hace necesario desarrollar pulpo, una herramienta de simulación para entender y evaluar el desempeño de algoritmos heurísticos de asignación de tareas en plataformas distribuidas. El análisis de los resultados de la simulación pudiera ocasionar ajustes en la forma del DAG, de la topología de red ó del algoritmo de asignación de tareas, buscando optimizar el desempeño de la aplicación.

Posteriormente, se procede a la implementación real de la aplicación paralela. Por último es importante retroalimentar la experiencia obtenida en el desarrollo de nuevas aplicaciones y mejoramiento de las herramientas de software. Este proyecto busca materializar esta visión con desarrollos tecnológicos propios que nos permitan avanzar en el área. La idea es crear una plataforma web, desde donde un estudiante/investigador de cualquier universidad del país, pueda acceder a artículos relacionados, métodos de enseñanza, descargar de manera gratuita pulpo y recibir asesoría a distancia para implementar sus proyectos.

Definición formal del problema

Esta sección presenta una definición formal del problema de asignación de tareas de un DAG en redes con computadoras heterogéneas y dinámicas, características de las redes actuales que permitirán modelar

escenarios realistas. Las definiciones en esta sección están alineadas con la modelación soportada en pulpo.

1 Definición de la Plataforma de Red

Los recursos que componen la red se representan por medio de un grafo no dirigido $PD::(P, L, \delta, \psi)$ donde P es el conjunto de computadoras disponibles que forman la plataforma, $p_i(1 \leq i \leq |P|)$. L es el conjunto de enlaces de comunicaciones que conectan un par de distintos procesadores, $l_i(1 \leq i \leq |L|)$ tal que $l(p_m, p_n) \in L$ denota un enlace de comunicación entre p_m y p_n . Para modelar la naturaleza cambiante en el desempeño de los recursos computacionales se utiliza $\delta::P \rightarrow [0..1]$ que denota el porcentaje de disponibilidad de cada computadora y $\psi::L \rightarrow \text{Float}$ que denota el ancho de banda de cada enlace de comunicación. Esta definición permite considerar el caso extremo en que la disponibilidad de un recurso es igual a cero.

2 Definición de la Aplicación Particionada

La aplicación particionada se representa por medio de un DAG $AP::(V, E, \theta, \tau)$. V representa el conjunto de tareas que componen la aplicación $v_i(1 \leq i \leq |V|)$. $E \subseteq V \times V$ es el conjunto de arcos dirigidos que conectan distintos pares de tareas $e_i(1 \leq i \leq |E|)$, así $e(v_i, v_j)$ denota una transferencia de datos de v_i a v_j y a la vez una precedencia que indica que v_j no puede comenzar a ejecutarse hasta que v_i termine su ejecución y envíe sus datos respectivos a v_j . Por conveniencia se define $Pred(v_i)$ para denotar el subconjunto de tareas que directamente preceden a v_i y $Succ(v_i)$ para denotar el subconjunto de tareas que directamente suceden a v_i . Aquella tarea v_i tal que $|Pred(v_i)| = 0$ es llamada tarea de entrada y $|Succ(v_i)| = 0$ es llamada tarea de salida. Usamos $\theta::V \times V \rightarrow \text{int}$ para describir el costo de la transferencia de datos, tal que $\theta(v_i, v_j)$ denota la cantidad de datos a ser transferidos de v_i a v_j . Considerando que los procesadores son heterogéneos, los tiempos

estimados de ejecución se representan como $\tau::V \times P \rightarrow \text{Int}$, donde $\tau(v_i, p_m)$ denota el costo de ejecución estimado de la tarea v_i en el procesador p_m .

3 El Algoritmo de Asignación

Los algoritmos de asignación se enfocan en la generación de una planificación (Scheduling) de tareas en las computadoras de la red, buscando optimizar una función objetivo, que por lo regular es minimizar el tiempo estimado de ejecución (makespan) de la aplicación. La planificación de tareas se puede representar como una función $ASIGNA::V \rightarrow P$, la cual asigna tareas a procesadores. De esta forma, $ASIGNA(v_m, p_j)$ denota que la tarea v_m se asigna al procesador p_j .

4 Mecánica de la Simulación

Pulpo considera que el DAG tiene una *tarea de entrada* y una *tarea de salida*. En caso de que un DAG particular pudiera tener más de una tarea de entrada, este se puede modelar agregando una tarea *dummy* conectada a las diversas tareas de entrada, cuyo costo de cómputo y comunicación sea cero. El mismo proceso se sigue en el caso de que existan varias tareas de salida.

Para coordinar la ejecución de las tareas, utilizamos diferentes tipos de status que permiten determinar la situación de una tarea en cualquier momento a lo largo de la simulación. Los status que puede tener una tarea son los siguientes:

- 0-creada,
- 1-asignada,
- 2-lista para ejecutarse,
- 3-ejecutándose,
- 4-pausada,
- 5-terminada,
- 6-falla.

La tarea de entrada es la primera en ejecutarse y de ahí comienzan a ejecutarse el resto de las tareas. La tarea de salida es la última tarea en ejecutarse.

Cuando una tarea v_i comienza a ejecutarse en un procesador p_n , se puede

$$TI(v_i, p_n) = \max \{ DISP(p_n), \max_{v_k \in Pred(v_i)} (TF(v_k, p_k) + C(v_k, p_k, v_i, p_n)) \} \quad (1)$$

Donde en la primer parte de la ecuación se determina $DISP(p_n)$ para indicar el tiempo más cercano en el cual p_n está listo para ejecutar v_i . La siguiente parte de la ecuación hace referencia al tiempo en que v_i recibe la totalidad de los datos transferidos de parte de sus predecesores y por lo tanto se encuentra lista para ejecutarse. Esto se obtiene considerando las tareas predecesoras inmediatas a v_i , el tiempo final (TF) en que estas terminan de ejecutarse en su respectivo procesador p_k y el tiempo que tarda para transferir los datos necesarios de p_k al procesador en consideración p_n . El TF de v_i en p_m se determina por

utilizar $TI(v_i, P_n)$ y $TF(v_i, P_n)$ para denotar el tiempo de inicio y tiempo final de ejecución de v_i en p_n respectivamente. El TI de una tarea de entrada es cero y para las demás tareas se calcula de la siguiente forma.

$$TF(v_i, p_m) = TI(v_i, p_m) + \tau(v_i, p_m) \quad (2)$$

que indica que el tiempo final de ejecución de una tarea v_i en p_m equivale al tiempo inicial de ejecución más el tiempo que esta tarda en ejecutarse en el procesador asignado p_m . El *makespan* de la aplicación está determinado por el tiempo de ejecución de v_{salida} (última tarea del DAG).

$$makespan = TF(v_{salida}) \quad (3)$$

Resultados

En esta sección utilizamos Pulpo para implementar algunos métodos de asignación de tareas de la literatura y presentamos los resultados obtenidos.

1 Algoritmos de asignación

Para nuestro propósito tomamos de la literatura los algoritmos heurísticos HEFT (Heterogeneous Earliest-Finish-Time) y CPOP (Critical-Path-on-a-Processor). El detalle de ambos algoritmos puede consultarse en (Topcuoglu, 2002). También usamos un método Aleatorio que asigna tareas a procesadores de manera aleatoria,

cuidando la precedencia de tareas. Cabe mencionar que para mantener baja la complejidad de un algoritmo, la mayoría de las heurísticas no consideran el tráfico de la red, sino que asumen un número infinito de enlaces de comunicación entre los procesadores. Esto significa que una tarea que finaliza su ejecución, siempre será capaz de encontrar un enlace de comunicación disponible para transferir datos a sus sucesores. Como se muestra más adelante, esta consideración puede provocar inconsistencias al momento de evaluar los algoritmos.

2 Características de los DAGs

El tamaño de los grafos utilizados (en número de tareas) es de 50 y 100 tareas. En los grafos de 50 tareas el número de predecesores por tarea está en el rango de 0 a 30, mientras que para los grafos de 100 tareas varía en el rango de 0 a 50. La Fig. 2 muestra la relación entre el tamaño del cómputo de las tareas y el tamaño de las comunicaciones entre las tareas de los DAGs. Se observa que existe una cantidad considerable de comunicación entre las tareas de los DAGs. En los DAGs de 50 tareas existe una relación de 5 a 1 entre el tamaño de las comunicaciones y el tamaño del cómputo, mientras que en los DAGs de 100 tareas esta relación es de 7 a 1.

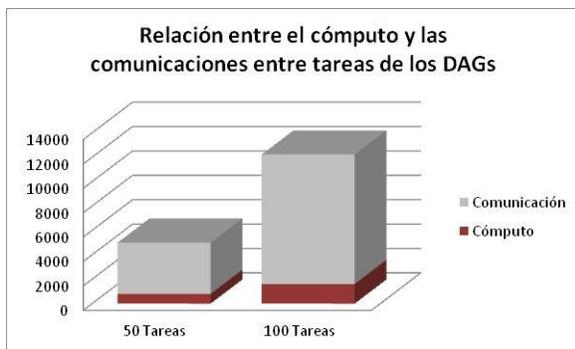


Figura 2. Características de los DAGs utilizados en los experimentos.

3 Desempeño de los algoritmos de asignación

Para evaluar el desempeño de los algoritmos seguimos la siguiente metodología. Los grafos descritos en la Sección 2 fueron utilizados para evaluar los algoritmos HEFT y CPOP tal y como están definidos en (Topcuoglu, 2002). Esto implica la consideración de un número infinito de enlaces de comunicación entre los diferentes procesadores que conforman la plataforma computacional. En nuestros experimentos consideramos escenarios con

plataformas computacionales compuestas por 3, 5 y 10 procesadores. Para cada escenario utilizamos 50 grafos de 50 y 100 tareas, dando un total de 300 experimentos. La Fig. 3 muestra los resultados de los experimentos. Se puede observar que en escenarios con 50 Tareas, HEFT es mejor que CPOP para las diferentes plataformas computacionales. Para 3 procesadores, HEFT tiene un 5% de mejor desempeño que CPOP, para 5 procesadores un 18% y para 10 procesadores un 13%. El mismo patrón se puede observar para escenarios con 100 tareas. Para 3 procesadores, HEFT tiene un 2% de mejor desempeño que CPOP, para 5 procesadores un 7% y para 10 procesadores un 12%.

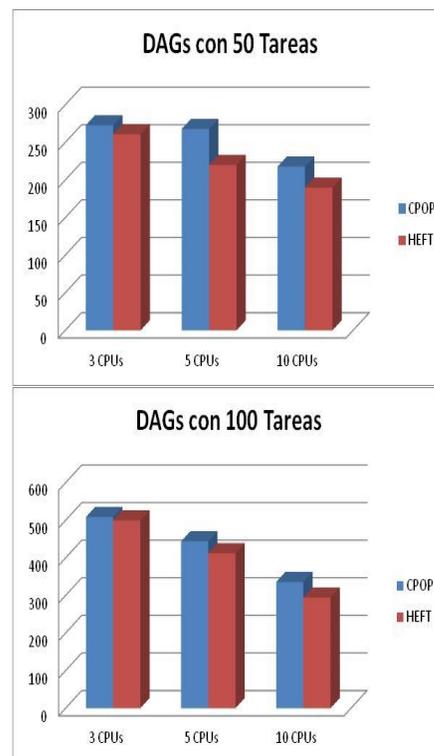


Figura 3. Desempeño de los algoritmos HEFT y CPOP en ambientes poco realistas.

Un segundo conjunto de experimentos fueron realizados para evaluar los algoritmos HEFT, CPOP y el método

Aleatorio en Pulpo. Pulpo permite considerar ambientes más realistas, en particular un número de enlaces de comunicación con capacidad finita. En nuestros experimentos consideramos escenarios con plataformas computacionales compuestas por 3, 5 y 10 procesadores. Los procesadores están completamente conectados y cada enlace está configurado para transmitir una unidad de datos por unidad de tiempo. Para cada escenario utilizamos 50 grafos de 50 y 100 tareas, dando un total de 450 experimentos. La Fig. 4 muestra los resultados de los experimentos. Se puede observar que a diferencia de los experimentos anteriores, CPOP tiene un mejor desempeño que HEFT y el método Aleatorio. El método Aleatorio es el que tiene el peor desempeño para todos los escenarios, esto indica que en el contexto de la asignación de tareas a procesadores, es mejor tener un plan de asignación que no tenerlo. Esto debe motivar a los estudiosos del tema a proponer nuevos mecanismos para asignar tareas a procesadores. En escenarios con 50 Tareas y 3 procesadores, CPOP es mejor que HEFT en un 1% y 4% mejor que el método Aleatorio. Cuando se usan 5 procesadores, HEFT tiene un 10% mejor desempeño que CPOP y 5% para el método Aleatorio. Para 10 procesadores HEFT un 27% mejor desempeño que CPOP y 16% que el método Aleatorio.

Para escenarios con 100 tareas tenemos los siguientes resultados. Para 3

procesadores, CPOP tiene un 6% mejor desempeño que HEFT y 9% mejor que el Aleatorio. Para 5 procesadores CPOP es mejor que HEFT y el Aleatorio en un 7% y 23% respectivamente. Mientras que para 10 procesadores, HEFT es ligeramente mejor que CPOP en un 1% y 18% mejor que el Aleatorio.

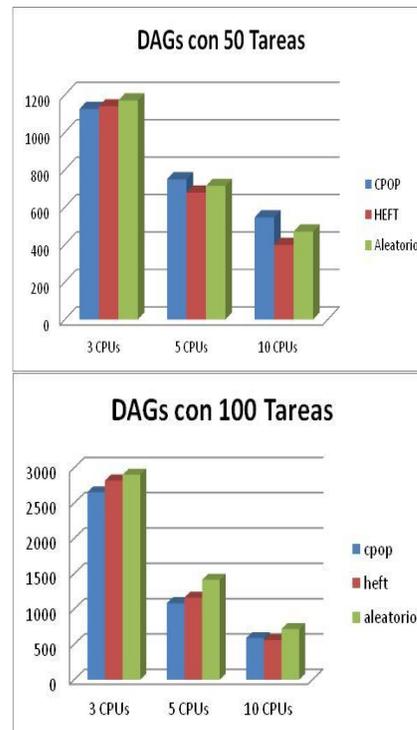


Figura 4. Desempeño de los algoritmos HEFT y CPOP en Pulpo.

API de Pulpo

Pulpo fue implementado en python utilizando programación orientada a objetos. Tal decisión se debe a que la estructura de python simplifica la programación de aplicaciones, permitiendo que estudiantes / investigadores puedan proponer e

implementar sus proyectos de una manera rápida.

Un escenario de simulación es definido al crear una instancia de la clase *scenario* con el respectivo nombre del

escenario. La modelación de las tareas del DAG se hace creando instancias de la clase *task* especificando el nombre de la tarea respectiva. Posteriormente el método *addDependency* permite crear una relación de precedencia entre dos tareas, así como para indicar la cantidad de datos a transmitir entre ambas tareas. El conjunto de las precedencias creadas resulta en el DAG. La modelación de una topología de red particular es a partir de la creación de instancias de la clase *processor* con su respectiva disponibilidad y latencia. Posteriormente se utiliza el método *addLink* para crear un enlace de comunicación entre dos procesadores con su respectivo ancho de banda. La naturaleza cambiante de los recursos en el tiempo se puede modelar de la siguiente manera: En el caso de las computadoras se utiliza el método *addChangeCapacity* cuyo primer parámetro es el tiempo y el segundo parámetro es la capacidad que cambia en el tiempo definido. En el caso de los enlaces de comunicación se tiene el método *addChangeLinkBandwidth* para modelar un cambio en algún punto del tiempo del ancho de banda. Para modelar la asignación de tareas a computadoras

heterogéneas se usa el método *addSchedule* de una instancia *task*, donde el primer parámetro es una instancia tipo procesador al cual se asigna la tarea y el segundo parámetro representa el tiempo que tarda la tarea en ejecutarse en el procesador. La simulación se realiza al llamar el método *simulation* de una instancia tipo *scenario*.

La Fig. 5 muestra un ejemplo con los diferentes elementos que conforman un problema de asignación de tareas a procesadores:

- a) El DAG conteniendo las tareas, restricciones de precedencia y transferencias de datos entre tareas.
- b) La plataforma computacional conformada por procesadores y enlaces de comunicación con su respectiva capacidad y
- c) conocimiento de la aplicación reflejada en los tiempos de ejecución estimados de una tarea en los diferentes procesadores.

En este ejemplo particular podemos deducir la heterogeneidad de los procesadores.

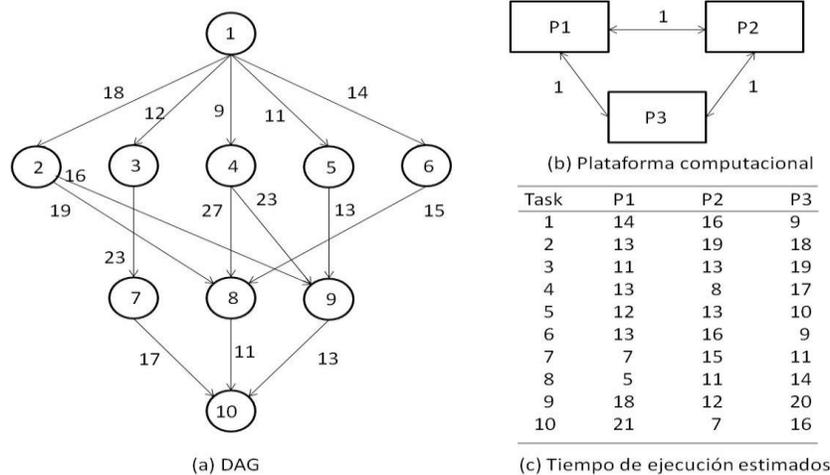


Figura 5. Elementos de un problema de asignación de taras a procesadores.

La Fig. 6 muestra el uso de pulpo para modelar el ejemplo de la Fig. 5. Se observa la creación de las tareas del DAG con sus respectivas dependencias y transferencias de datos. La topología está compuesta por tres computadoras con sus respectivas capacidades, las cuales están totalmente conectadas por un enlace de comunicación con su respectivo ancho de banda. Para modelar características dinámicas de plataformas computacionales

actuales, se incluyen algunos cambios en el desempeño de los recursos a través del tiempo, los cuales se reflejan a lo largo de la simulación. También se muestra la forma de asignar una tarea a una computadora para su posterior ejecución. En este caso consideramos una planificación rígida, sin embargo la planificación de tareas debe ser el resultado de un algoritmo de asignación de tareas.

```

from classes import *
from dag import *
from integrity import *
from simulation import *

''' creación del escenario '''
SC = escenario("Escenario")

''' tasks'''
t1=dag.addTask("t1")
t2=dag.addTask("t2")
t3=dag.addTask("t3")
t4=dag.addTask("t4")
t5=dag.addTask("t5")
t6=dag.addTask("t6")
t7=dag.addTask("t7")
t8=dag.addTask("t8")
t9=dag.addTask("t9")
t10=dag.addTask("t10")

''' DAG dependencies '''
dt0 = dag.addDependency(t1,t2, 18)
dt1 = dag.addDependency(t1,t3, 12)
dt2 = dag.addDependency(t1,t4, 9)
dt3 = dag.addDependency(t1,t5, 11)
dt4 = dag.addDependency(t1,t6, 14)
dt5 = dag.addDependency(t2,t8, 19)
dt6 = dag.addDependency(t2,t9, 16)
dt7 = dag.addDependency(t3,t7, 23)
dt8 = dag.addDependency(t4, t8, 27)
dt9 = dag.addDependency(t4,t9, 23)
dt10 = dag.addDependency(t5,t9, 13)
dt11 = dag.addDependency(t6,t8, 15)

dt12 = dag.addDependency(t7,t10, 17)
dt13 = dag.addDependency(t8,t10, 11)
dt14 = dag.addDependency(t9,t10, 13)

''' processors '''
p1=net.addProcessor("p1", 1.0, 0.0)
p2=net.addProcessor("p2", 1.0, 0.0)
p3=net.addProcessor("p3", 1.0, 0.0)

''' network '''
L1 = net.addLink(p1,p2, 1.0)
L2 = net.addLink(p1,p3, 1.0)
L3 = net.addLink(p2,p3, 1.0)

''' changes in capacity over time '''
p1.addChangeCapacity(100, 2)
L1.addChangeLinkBandwidth(150,3)
L3.addChangeLinkBandwidth(200,3)

''' schedule '''
t1.addSchedule(p2,16)
t2.addSchedule(p2,19)
t3.addSchedule(p1,11)
t7.addSchedule(p1,7)
t4.addSchedule(p3,17)
t5.addSchedule(p2,13)
t9.addSchedule(p2,12)
t6.addSchedule(p3,9)
t8.addSchedule(p3,14)
t10.addSchedule(p2,7)

''' simulacion '''
SC.simulation()

```

Figura 6. Ilustración de la API de Pulpo

Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se expuso la necesidad de contar con un ambiente colaborativo para el estudio y comprensión del cómputo paralelo entre las universidades de Latinoamérica. Se describió a pulpo, una herramienta de simulación para evaluar algoritmos de asignación de tareas en plataformas distribuidas. Pulpo provee funcionalidades y abstracciones necesarias para la implementación y evaluación de algoritmos de asignación en plataformas computacionales con características actuales. Resaltamos la importancia de pulpo al mencionar como algoritmos de la literatura utilizan escenarios poco realistas y

esto puede ocasionar inconsistencias en las evaluaciones del desempeño de la aplicación. Esfuerzos futuros se van a centrar en cuatro aspectos: La confiabilidad de los resultados, depuración de posibles errores, colaborar con la comunidad académica interesada en el área y buscar patrones que nos ayuden a entender las posibles divergencias de una aplicación simulada en pulpo y ejecutada en ambientes reales. Así mismo una extensión del proyecto busca desarrollar un conjunto de librerías que permitan desarrollar aplicaciones paralelas en redes trabajando con Windows.

Referencias

Adam, T., Chandy, K., and Dickson, J. A. (1974). Comparison of list scheduling for parallel processing systems. *Communications of the ACM*, 17(12):685–690.

Agarwal, T., Sharma, A., and Kale, L. (2006). Topology-aware task mapping for reducing communication contention on large parallel machines. *IEEE/IPDPS*, page 10 pp. ..

Beaumont, O., Legrand, A., Marchal, L., and Robert, Y. (2005). Independent and divisible tasks scheduling on heterogeneous star-shaped platforms with limited memory. *Proceedings of the Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (Euromicro-PDP'05)*, pages 179–186.

Chervenak, A., Foster, I., Kesselman, C., Salisbury, C., & Tuecke, S. (2000). The data grid: Towards an architecture for the distributed management and analysis of large scientific datasets. *Journal of network and computer applications*, 23(3), 187-200.

Eshaghian, M. and Wu, Y. (1997). Mapping heterogeneous task graphs onto heterogeneous system graphs. In *Proceedings of Heterogeneous Computing Workshop (HCW'97)*, pages 147–160,

Eun-Kyu B., Yang-Suk K., Jin-Soo K., Deelman, E. (2011). BTS: Resource capacity

estimate for time-targeted science workflows, *Journal of Parallel Distrib. Comput. (JPDC)*, 71(6): 848-862

Foster, I., Kesselman, C., & Tuecke, S. (2001). The anatomy of the grid: Enabling scalable virtual organizations. *International journal of high performance computing applications*, 15(3), 200-222.

Gerasoulis, A. and Yang, T. (1992), “A comparison of clustering heuristics for scheduling directed acyclic graphs on multiprocessors”, *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 16(4):276–291

GridSim. (2010). The GridSim project homepage, En línea: <http://www.cloudbus.org/gridsim/>.

Hernandez, I. and Cole, M. (2007a). “Reactive grid scheduling of dag applications”, In *Proceedings of the 25th IASTED(PDCN)*, Acta Press, pages 92–97.

Hernandez, I. and Cole, M. (2007b), Reliable DAG scheduling with rewinding and migration, In *Proc.of the First International Conference on Networks for Grid Applications (GridNets)*, ACM Press, pages 1-8,2007b.

Kwok, Y. and Ahmad, I. (1999). Static algorithms for allocating directed task graphs to

multiprocessors, *ACM Computing Surveys*, 31(4):406–471.

Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-145, 7 pages.

Olteanu A., Pop F., Dobre C. (2011) Re-scheduling and Error Recovering algorithm for Distributed Environments .*Sci. Bull., Series C.*, 73(1).

Olteanu A., Pop F., Dobre C (2012). A dynamic rescheduling algorithm for resource management in large scale dependable distributed systems. *Elsevier Computers & Mathematics with Applications*, 63(9): 1409-1423.

Pacheco P. (2011), *An Introduction to Parallel Computing*. ISBN-10: 0123742609, Morgan Kaufmann, 1st edition.

Razdan S. (2014, August). *Fundamentals of Parallel Computing*. ISBN-10: 1842658808, Alpha Science International Ltd, 1st edition.

Simgrid. (2009). The simgrid project homepage, <http://simgrid.gforge.inria.fr/>.

Sven K., Riddle S. and Zinn D. (2011). Improving Workflow Fault Tolerance through Provenance-Based Recovery. *Scientific and Statistical Database Management, Lecture Notes in Computer Science* 6809: 207-224

Topcuoglu, H. (2002). Performance-effective and low-complexity task scheduling for heterogeneous computing, *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 13(3):260–274.

Vouk, M. A., & Moullem, P. A. (2011, November). On high-assurance scientific workflows. In *High-Assurance Systems Engineering (HASE)*, 2011 IEEE 13th International Symposium on (pp. 73-82). IEEE.

Análisis de uso de un juego didáctico para la enseñanza de matemáticas a nivel primaria

Leonardo Flores¹, Francisco Javier Estrada¹, Noé Alba¹, Javier Molina¹

Resumen

En este documento se muestra la información que está basada en el equipo o juego matemático aplicado a los alumnos del nivel básico educativo (primaria) escolarizado, el proyecto es desarrollo/análisis de un equipo del cual ayuda en el aprendizaje de las ecuaciones básicas de matemáticas a los alumnos de nivel primaria básica escolar, este equipo es del tipo didáctico enfocado exclusivamente para ayudar la enseñanza de las matemáticas y fue desarrollado para que los niños tengan contacto o puedan interactuar con maquinas/equipos desarrollados para jugar. El propósito del juego es brindar un servicio de nivel educativo para utilizar el juego como una herramienta para el aprendizaje, esto con el fin de seguir cultivando nuevos proyectos para el alcance de los niños de bajo nivel económico en nuestra Ciudad. La adquisición de estos equipos interactivos con la ciencia y la tecnología se pondrán en servicio para llegar a zonas marginadas de nuestra ciudad. La metodología utilizada para desarrollar y lograr un buen resultado se siguió una metodología que nos permitió la exploración de una situación hasta encontrar o alcanzar con resultados esperados. El área educativa a nivel básico fue considerada para realizar el proyecto. El propósito del proyecto es aportar un equipo dinámico enfocado a las matemáticas de un nivel escolar de 6 a 12 años de edad. Los resultados obtenidos durante la evaluación y validación del equipo fueron satisfactorios y el proyecto fue todo un éxito, la validación fue desarrollada con alumnos de primaria escolar.

Palabras clave: Juegos didacticos, Matemáticas, Primaria.

Introducción

En México los niños tienen el derecho de obtener una educación con calidad, este es por derecho de ciudadano, la educación básica es parte de los conocimientos necesarios para adquirir las bases básicas educativas y obtener los conocimientos básicos necesarios para su preparación académica, solo que nuestro país no cuenta con una sólida estructura académica para nuestro desarrollo educativo.

De acuerdo a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), México aporta muy pocos gastos económicos por estudiante y en

consecuencia dejando a México por los últimos lugares en nivel educativo, México se encuentra por debajo de Perú, Brasil, Portugal, entre otros.

Basados en los conocimientos obtenidos y la experiencia educativa podemos mencionar que el nivel escolar gratuito otorgado por el gobierno mexicano carece de herramientas o equipos que ayuden a brindar una educación de alto nivel, en Ciudad Juárez Chihuahua podemos encontrar varias zonas marginales de bajos recursos y de la misma situación se encuentra su nivel educativo.

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

MATEMÁTICAS			LECTURA			CIENCIAS		
Ranking	País o región	Resultado	Ranking	País o región	Resultado	Ranking	País o región	Resultado
1	Shanghai, China	613	1	Shanghai, China	570	1	Shanghai, China	580
2	Singapur	573	2	Hong Kong, China	545	2	Hong Kong, China	555
3	Hong-Kong, China	561	3	Singapur	542	3	Singapur	551
4	China Taipéi	560	4	Japón	538	4	Japón	547
5	Corea del Sur	554	5	Corea del Sur	536	5	Finlandia	545
	Promedio OCDE	494	24	Estados Unidos	498		Promedio OCDE	501
36	Estados Unidos	481		Promedio OCDE	496	28	Estados Unidos	497
51	Chile	423	52	México	424	54	Uruguay	416
52	Malasia	421	54	Uruguay	411	55	México	415
53	México	413	55	Brasil	410	59	Brasil	405
64	Indonesia	375	64	Qatar	388	64	Indonesia	382
65	Perú	368	65	Perú	384	65	Perú	373

Fuente: Resultados PISA 2012, OCDE. *65 países son evaluados; en el caso de China se divide por regiones.

Figura 1. Resultados de la OCDE para México

El proyecto fue desarrollado para realizar un juego didáctico del tipo matemático del cual surgió a raíz de la necesidades de la comunidad marginal, el juegos esta enfocados para niños de nivel básico escolar y que no cuentan con el recurso monetario para asistir a lugares que poseen sistemas o equipos automático como por ejemplo el museo educativo “La Rodadora” de ciudad Juárez.

El enfoque del museo “La Rodadora” es el análisis reflexivo sobre el entorno natural y social. La entrada de este museo está abierta a todo público, para poder ingresar al museo se debe pagar una cuota por persona, el costo de entrada es elevado considerando que el costo de la entrada es aproximadamente de 1.5 a 2 salarios

mínimos y las personas o familias de bajos recursos les es imposible acudir. Como parte del proyecto fue investigar e identificar los museos disponibles que se encuentran en las diferentes ciudades del estado de Chihuahua, así como en las diferentes entidades de nuestro país (México).

Como inicio del museo “La Rodadora” fue la adquisición de un espacio interactivo con la Ciencia y Tecnología que se realizó con financiamiento del programa llamado “Apropiación Social de la Ciencia, Tecnología e Innovación con énfasis en zonas marginadas del Estado de Chihuahua 2013”, por un monto de un millón de pesos otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Vivir en Juárez, 2014).

Descripción del Problema

El país no cuenta con los recursos necesarios económicos para invertir la suficiente cantidad de dinero para el desarrollo educativo, basados en los conocimientos y experiencia se identificó que el desarrollo educativo carece de una insuficiente estructura para que los alumnos del nivel básico educativo cuenten con un buen nivel educativo, el indagar en la educación desde preescolar hasta las universidades se identifica que los alumnos

no cuentan con un buen nivel educativo, debido a que carecen de mucha información para su formación educativa. Para ello se llegó a la conclusión de diseñar un equipo o juego matemático utilizando partes obsoletas del tipo tecnológico y fueron utilizadas para ser aplicadas a la enseñanza del tipo matemático.

Revisando como poder fabricar un equipo que ayudara en la enseñanza matemática para los niños, se identificó que

existen equipos de tecnología obsoletos y que se puede utilizar para desarrollar juegos o diseñar un equipo didáctico enfocado para la enseñanza del tipo matemático y sea dinámico para el niño.

El objetivo principal de las partes obsoletas identificadas para el proyecto del juego es brindar tecnología a la industria, es decir automatizar equipos para optimizar procesos en las industrias, una vez que estas partes se encuentran obsoletas o dejan de brindar el servicio requeridos por el cliente, a estas partes se les puede dar un uso o buscarles una alternativa para fabricar o diseñar equipos o juegos del tipo didáctico y que continúen aportando un servicio enfocado a la enseñanza educativa para la comunidad.

En la actualidad es casi nula la participación de los niños de bajos recursos o que la sociedad de bajo recursos sean participe con la tecnología o en los desarrollos tecnológico, ya que su economía no les brinda la posibilidad de obtener equipos o aparatos con la tecnología para experimentar o intervenir con nuevos equipos o desarrollos que puedan beneficiarlos en su progreso como individuo.

En las zonas marginadas o de bajos recursos es difícil encontrar niños con un alto grado de educativo debido a las limitaciones económicas, esto sin considerar las limitaciones de los alimentos indispensables para su desarrollo alimenticio.

Descripción del Juego Didáctico

El proyecto está desarrollado y compuesto con partes obsoletas, El equipo contiene diversos juegos matemáticos de acuerdo a la edad, en total son nueve juegos de los cuales están divididos de la siguiente forma:

- Tres juegos enfocados para niños de entre 6 y 7 años
- Tres juegos para niños de entre 8 y 9 años
- Tres juegos para niños de 10 a 12 años

En la figura 2 se describe la estructura de los juegos.

Como se puede observar el juego esta dividido para facilitar la secuencia de los mismos, estos juegos están diversificados y prácticos para que el alumno o niño interactúe fácilmente y practique sus habilidades matemáticas. El requerimiento del juego solo es de alumnos que cumpla con la edad (6-12 años) y sienta la necesidad de interactuar con un juego didáctico y del tipo táctil.

El juego contiene una pantalla el cual lleva un conteo de la cantidad de veces que ganan y pierden, esta pantalla sirve para obtener un historial de los juego y el docente puede realizar un análisis de cuáles son las ecuaciones básicas que se requiere reforzar en los alumnos.



Figura 2. Descripción del Juego Matemático Desarrollado.

La siguiente imagen muestra un ejemplo de los resultados que se obtuvieron

durante el desarrollo del juego como parte de las pruebas que se realizan.



Figura 3. Pantalla de Reporte

El juego didáctico contiene un menú principal donde los niños tienen la opción de escoger los juegos acorde a su edad. El nivel de complejidad se asemeja de acuerdo a los libros educativos utilizados por el sistema escolar abierto de la Secretaría de Educación Pública (SEP), los libros se tomaron como

ejemplos para el desarrollo de los juegos matemáticos, esto es con el fin de alinear el juego y los reactivos de los libros educativos.

A continuación se muestra la pantalla donde el niño selecciona la edad para iniciar a jugar (figura 4).



Figura 4. Menú principal del juego

Metodología

Al inicio del proyecto se investigó como poder desarrollar el proyecto y se utilizó un análisis para poder definir el proyecto, en la figura 5 podemos encontrar

el proceso que se llevó a cabo desde el inicio de la necesidad hasta finalizar el proyecto ya estructurado y validado.

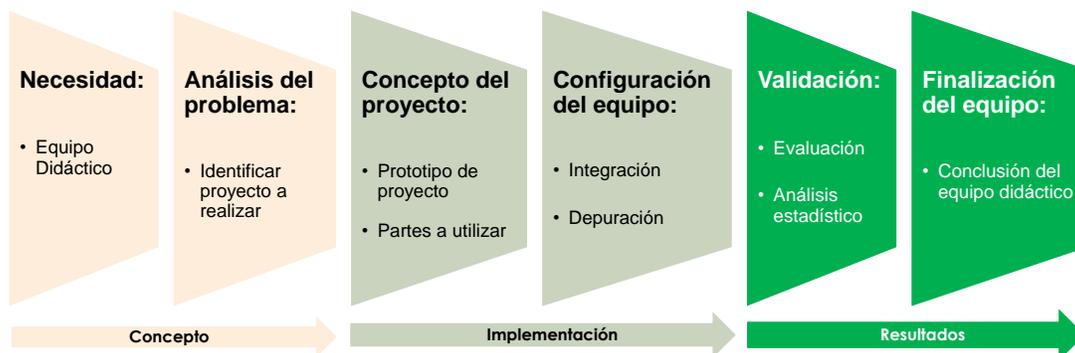


Figura 5. Desarrollo del Equipo.

Para lograr un buen resultado se siguió una metodología, esta metodología nos permitió iniciar con la exploración de una situación en específico hasta encontrar o alcanzar los resultados esperados. El siguiente diagrama de flujo (figura 6) muestro las trayectorias utilizadas para alcanzar el objetivo buscado.

Para conseguir y llegar a unos resultados esperados se desglosaron las

actividades del diagrama de flujo con el fin de identificar cada una de las acciones a realizar y esto se llevó a cabo con la utilización de una metodología coincidiendo con una serie de actividades realizadas, la tabla 1 muestra las actividades realizadas utilizando métodos y herramientas que nos ayudan a medir las actividades y completarlas en tiempo y orden.

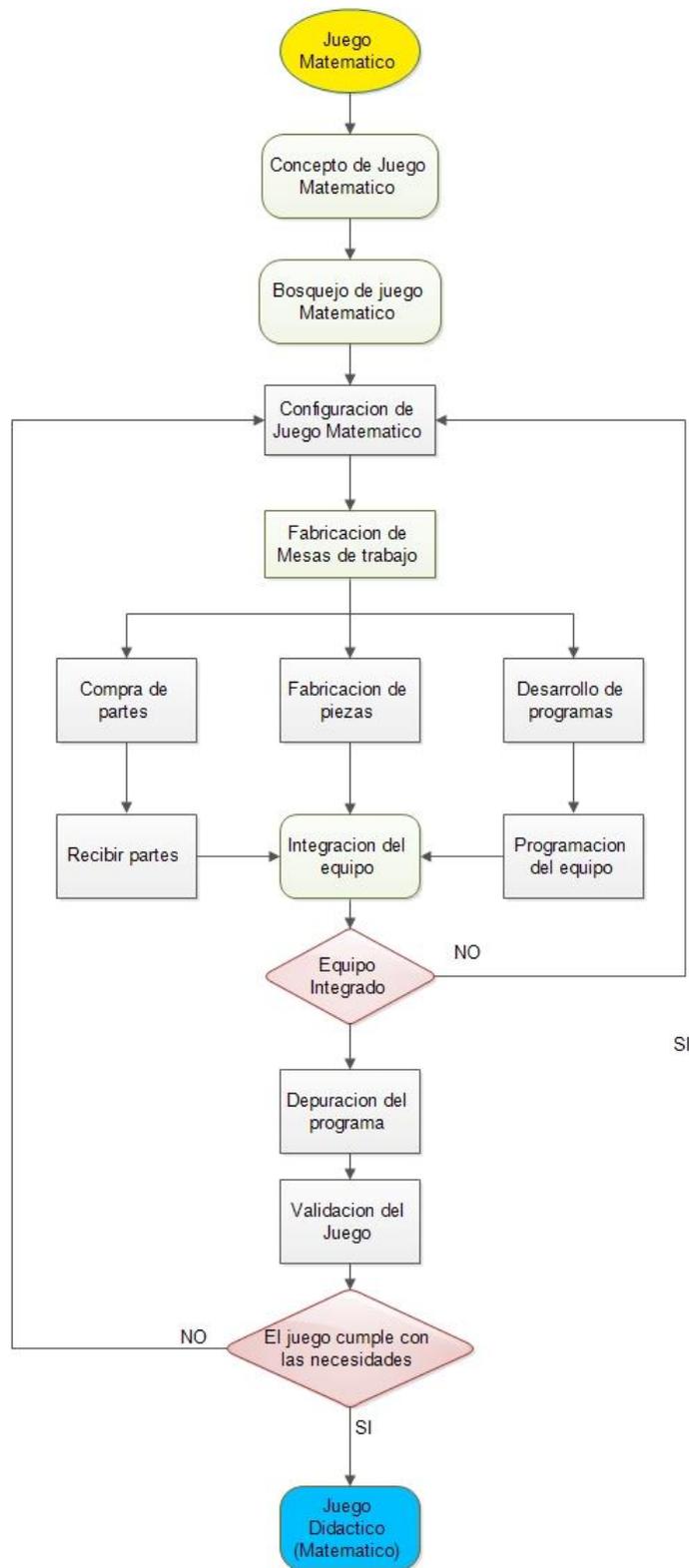


Figura 6. Diagrama de Flujo.

Tabla 1. Actividades Realizadas.

Paso	Descripción	Actividad	Método Medible	Herramienta
1	Identificar la necesidad (Educación enfocada a Matemáticas)	Investigar el desarrollo educativo del país	Investigación del tipo Documentos e Internet	Documentos, libros, revistas e Internet
2	Análisis del problema	Identificar los posibles pasos para iniciar el proyecto	Documentación	Revistas, Libros e Internet
3	Identificación de posibles partes a utilizar	Búsqueda de equipos en donación	Visita a posibles planteles que puedan realizar donación de equipo	Bitácoras /citas
4	Fabricación de mesa de trabajo	Diseño de mesa y partes de estructura	Visita a talleres para la fabricación de mesa	Citas / Bitácora
5	Compra de partes	Realizar inventario de partes para realizar la compra de partes faltantes	Inventario de partes y revisión de diseño de juego	Bitácora
	Recibir partes compradas	Contactar proveedor para tiempo de entrega	Comunicación y bitácora	Citas / Bitácora
6	Diseño de programa para PLC y pantalla táctil	Familiarizarse con los software a utilizar para iniciar con la programación	Manuales de software, Documentos e Internet	Manuales de software, Documentos e Internet
7	Integración del juego	Realizar montaje de PLC, pantalla y conexiones eléctricas en la mesas de trabajo	Instalaciones y manuales eléctricos	Manuales de software, Documentos e Internet
8	Programación del Juego	Realizar programación de PLC y pantalla táctil	Programación de software	Manuales de software, Documentos e Internet
9	Identificar Plantel educativo	Identificar plantel escolar para realizar validación del juego	Visita a plantel para plantear el proyecto a rector de la escuela	Bitácora /Cita
10	Corrida de validación	Asistir al plantel educativo para realizar validación del juego con alumnos	realizar encuesta a docentes, tomar datos de validación	Bitácora, citas, encuesta
11	Análisis de datos	Realizar análisis estadístico a los resultados obtenidos durante la validación del juego	Método estadística	Manuales de estadística, Internet, documentos y artículos de estadística

Resultados

Con el propósito de evaluar y validar el juego matemático se visitó la escuela primaria “Revolución Mexicana” para realizar la evaluación. Durante la evaluación y validación del juego matemático se consideró la siguiente lista:

- ✓ Escuela primaria elemental de una área marginada
- ✓ Dos grupos de segundo grado escolar
- ✓ Dos grupos de cuarto grado escolar
- ✓ Dos grupos de sexto grado escolar
- ✓ Encuesta de docentes (Seis Docentes)
- ✓ Examen previo de jugar con el juego

- ✓ Examen posterior de jugar con el juego

Previo la visita a la escuela se solicitó por escrito un permiso del director de dicha escuela para realizar la validación con los seis grupos solicitados. Una vez realizada la visita y concluir con la evaluación de los grupos con el juego matemático se inició con el análisis de los resultados para realizar la documentación y verificar si los resultados obtenidos cumplen con las hipótesis antes establecidas.

Las siguientes **hipótesis** se deben cumplir son:

- El juego Matemático es completado/resuelto en menos tiempo que el método tradicional.

P1 = Tiempo de completar reactivos con el Método Tradicional

P2 = Tiempo de completar reactivos con el Juego Matemático

$$H_0 : P1 = P2$$

$$H_1 : P2 < P1$$

- En el método tradicional (examen), al momento de contestar los reactivos contiene más Fallos (errores) en comparación con el juego matemático.

P1= Cantidad de reactivos correctos con el Método Tradicional

P2= Cantidad de reactivos correctos con el Juego Matemático

$$H_0 : P1 = P2$$

$$H_1 : P1 > P2$$

Se realizó el análisis estadístico, esto con el fin de analizar los datos obtenidos durante la evaluación y compararlas contra las hipótesis antes mencionadas.

La validación se realizó de acuerdo con las siguientes características:

- Como inicio de la validación se realizó un examen previo para revisar el nivel educativo y utilizarlo como parte de la validación. los reactivos del examen son diferentes a los reactivos del juego matemático.
- El examen fue realizado de acuerdo a las recomendaciones por los docentes, estas recomendaciones son: 5 a 10 minutos por cada reactivo. Como parte de la

validación se debe tener un tiempo base y se otorgaron 10 minutos como máximo para completar los reactivos del examen.

- Cada uno de los alumnos (niños) completaron los reactivos del juego.
- En el juego didáctico, con el fin de obtener resultados sólidos, a cada uno de los reactivos se le definió un tiempo para retar a los alumnos y hacer el juego dinámico.
- En el juego cada alumno debería cumplir con los tres diferentes niveles de complejidad para evaluar el tiempo y su complejidad.

Resumiendo los puntos anteriores, la dinámica a seguir durante la validación es:

1. Los grupos A y B de cada grado (total seis grupos)
2. Un examen previo al juego (cada grupo)
3. Un examen posterior al juego (cada grupo)

Una vez realiza la evaluación de cada grupo se pasó a realizar la comparación y análisis de los datos para completar la validación del juego matemático.

La tabla 2 muestra los datos obtenidos durante la validación del juego matemático utilizando los dos grupos de segundo grado escolar nivel educativo primaria, los datos de las tablas II se evaluaron estadísticamente para confirmar si el juego cumple con las hipótesis antes propuestas, la evaluación de los datos consta de comparar los exámenes contra los datos obtenidos del juego matemático.

Tabla 2. Total de los Resultados Resumidos de Segundo Grado escolar (Grupo A y B).

ALUMNOS DE 2do Grupo A						
JUEGO	JUEGO MATEMATICO A		EXAMEN PREVIO		EXAMEN POSTERIOR	
	GANADOS	PERDIDOS	ACIERTOS	FALLOS	ACIERTOS	FALLOS
Suma	17	3	15	5	16	4
Resta	20	0	8	12	10	10
Múltiples	13	7	2	18	9	11
ALUMNOS DE 2do Grupo B						
JUEGO	EXAMEN PREVIO		JUEGO MATEMATICO B		EXAMEN POSTERIOR	
	ACIERTOS	FALLOS	GANADOS	PERDIDOS	ACIERTOS	FALLOS
Suma	8	12	16	4	14	6
Resta	6	14	17	3	11	9
Múltiples	3	17	13	7	8	12

De acuerdo con las tablas anteriores se observa que los datos en color verde son los resultados del juego y se puede identificar que contiene menores errores en los reactivos que los exámenes.

A continuación se muestran los resultados estadísticos de acuerdo a los errores de los reactivos contestados.

La hipótesis la proporción de los reactivos contestados con errores y confirmar si el juego ayuda a reducir los errores durante la utilización del mismo. A continuación se muestran los resultados de las proporciones:

Para el Grupo A, los resultados son:

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	10	60	0.166667	←Juego A
2	35	60	0.583333	←Examen Previo

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: -0.416667
 IC de 95% para la diferencia: (-0.573044, -0.260290)
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = -5.22$
 Valor P = 0.000
 Prueba exacta de Fisher: Valor P = 0.000

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	10	60	0.166667	←Juego A
2	25	60	0.416667	←Examen Posterior

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: -0.25
 IC de 95% para la diferencia: (-0.406377, -0.0936231)
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = -3.13$
 Valor P = 0.002
 Prueba exacta de Fisher: Valor P = 0.005

Para el Grupo B, los resultados son:

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	43	60	0.716667	←Examen Previo
2	14	60	0.233333	←Juego B

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: 0.483333
 IC de 95% para la diferencia: (0.326956, 0.639710)
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = 6.06$
 Valor P = 0.000
 Prueba exacta de Fisher: Valor P = 0.000

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	27	60	0.450000	←Examen Posterior
2	14	60	0.233333	←Juego B

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: 0.216667
 IC de 95% para la diferencia: (0.0514418, 0.381892)
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = 2.57$
 Valor P = 0.010
 Prueba exacta de Fisher: Valor P = 0.020

Los resultados indican en las dos evaluaciones de proporciones nos muestran que si tenemos significancia al momento de utilizar el juego y nos confirma que el juego ayuda en la educación escolar.

A continuación la tabla 3 muestran los datos obtenidos durante la validación del

juego matemático utilizando los dos grupos de cuarto grado escolar nivel educativo primaria, los datos de la tabla 3 se evaluaron y la evaluación consta de comparar los datos de los exámenes contra los datos obtenidos del juego matemático.

Tabla 3. Total de los Resultados Resumidos de Cuarto Grado escolar (Grupo A y B).

ALUMNOS DE 4to Grupo A						
JUEGO	JUEGO MATEMATICO A		EXAMEN PREVIO		EXAMEN POSTERIOR	
	GANADOS	PERDIDOS	ACIERTOS	FALLOS	ACIERTOS	FALLOS
Números Sucesores	14	6	9	11	11	9
Números Correctos	16	4	11	9	10	10
Multiplicación y sobrante	17	3	14	6	16	4
ALUMNOS DE 4to Grupo B						
JUEGO	EXAMEN PREVIO		JUEGO MATEMATICO B		EXAMEN POSTERIOR	
	ACIERTOS	FALLOS	GANADOS	PERDIDOS	ACIERTOS	FALLOS
Números Sucesores	7	13	16	4	13	7
Números Correctos	8	12	17	3	15	5
Multiplicación y sobrante	5	15	16	4	9	11

De acuerdo a la tabla 3 los datos en color verde son los resultados del juego y podemos observar que contiene menores errores que los exámenes. Aun así debemos analizar los datos estadísticamente para concluir satisfactoriamente. Las hipótesis establecidas de la proporción en los reactivos contestados con errores son para confirmar si el juego ayuda a reducir los errores durante la utilización del mismo. A continuación se muestran los resultados de las proporciones:

Para el Grupo A, los resultados son:

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	13	60	0.216667	←Juego A
2	26	60	0.433333	←Examen Previo

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: -0.216667
 IC de 95% para la diferencia: (-0.379725, -0.0536088)
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = -2.60$
 Valor P = 0.009

Prueba exacta de Fisher: Valor P = 0.019

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	13	60	0.216667	←Juego A
2	23	60	0.383333	←Examen Posterior

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: -0.166667
 IC de 95% para la diferencia: (-0.327915, -0.00541846)
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = -2.03$
 Valor P = 0.043
 Prueba exacta de Fisher: Valor P = 0.072

Para el Grupo B, los resultados son:

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	11	60	0.183333	←Juego B
2	40	60	0.666667	←Examen Previo

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: -0.483333
 IC de 95% para la diferencia: (-0.637650, -0.329017)

Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = -6.14$
 Valor $P = 0.000$
 Prueba exacta de Fisher: Valor $P = 0.000$

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra X N Muestra p
 1 11 60 0.183333 ←Juego B
 2 23 60 0.383333 ←Examen Posterior

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: -0.2
 IC de 95% para la diferencia: $(-0.357228, -0.0427725)$
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = -2.49$
 Valor $P = 0.013$
 Prueba exacta de Fisher: Valor $P = 0.025$

Los resultados indican en las dos evaluaciones de proporciones nos muestran una significancia al momento de utilizar el juego y nos confirma que el juego ayuda en la educación escolar.

La tabla IV muestran los datos obtenidos durante la validación del juego matemático utilizando los grupos de sexto grado escolar nivel educativo primaria, los datos de las tablas se analizaron estadísticamente, la evaluación consta de comparar los datos de los exámenes contra los datos obtenidos del juego matemático.

Tabla 4. Total de los Resultados Resumidos de Sexto Grado escolar (Grupo A y B).

ALUMNOS DE 6to Grupo A						
JUEGO	JUEGO MATEMATICO A		EXAMEN PREVIO		EXAMEN POSTERIOR	
	GANADOS	PERDIDOS	ACIERTOS	FALLOS	ACIERTOS	FALLOS
Jugando Matemáticas	18	2	14	6	15	5
Jugando con Fracciones	17	3	11	9	13	7
Calc. Números Naturales	16	4	5	15	11	9
ALUMNOS DE 6to Grupo B						
JUEGO	EXAMEN PREVIO		JUEGO MATEMATICO B		EXAMEN POSTERIOR	
	ACIERTOS	FALLOS	GANADOS	PERDIDOS	ACIERTOS	FALLOS
Jugando Matemáticas	4	16	14	6	12	8
Jugando con Fracciones	7	13	16	4	9	11
Calc. Números Naturales	3	17	14	6	12	8

De acuerdo a la tabla 4 se observa que los datos en color verde son los resultados del juego y podemos observar que contiene menores errores en los reactivos que los exámenes.

Las hipótesis establecidas de la proporción en los reactivos contestados con errores son para confirmar si el juego ayuda a reducir los errores durante la utilización del mismo. A continuación se muestran los resultados de las proporciones:

Para el Grupo A, los resultados son:

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra X N Muestra p
 1 9 60 0.150000 ←Juego A

2 30 60 0.500000 ←Examen Previo

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: -0.35
 IC de 95% para la diferencia: $(-0.505464, -0.194536)$
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = -4.41$
 Valor $P = 0.000$
 Prueba exacta de Fisher: Valor $P = 0.000$

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra X N Muestra p
 1 9 60 0.150000 ←Juego A
 2 21 60 0.350000 ←Examen Posterior

Diferencia = $p(1) - p(2)$
 Estimado de la diferencia: -0.2
 IC de 95% para la diferencia: $(-0.350760, -0.0492398)$

Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = -2.60$
Valor $P = 0.009$
Prueba exacta de Fisher: Valor $P = 0.019$

Para el Grupo B, los resultados son:

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	46	60	0.766667	←Examen Previo
2	16	60	0.266667	←Juego B

Diferencia = $p(1) - p(2)$
Estimado de la diferencia: 0.5
IC de 95% para la diferencia: (0.345166, 0.654834)
Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = 6.33$
Valor $P = 0.000$
Prueba exacta de Fisher: Valor $P = 0.000$

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra	p
1	27	60	0.450000	←Examen Posterior
2	16	60	0.266667	←Juego B

Diferencia = $p(1) - p(2)$
Estimado de la diferencia: 0.183333
IC de 95% para la diferencia: (0.0149103, 0.351756)
Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: $Z = 2.13$
Valor $P = 0.033$
Prueba exacta de Fisher: Valor $P = 0.056$

Para concluir con los datos estadísticos podemos indicar que los resultados son favorables para el Juego matemático, ya que en todos los casos se denota que existe significancia favorable en los tiempos y en las proporciones de los errores cometidos durante los exámenes y la utilización del juego didáctico.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones: Durante el análisis estadístico del juego se confirmó que los reactivos del juego son completados en un tiempo menor en comparación del método tradicional.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación y análisis estadísticos podemos concluir que utilizando

el juego matemático reduce la cantidad de fallos (errores) en los reactivos completados.

Recomendaciones: Se sugiere mejorar el diseño estructural de la mesa (reducir el tamaño). Mejorar la estructura del equipo, hacerlo ergonómico, de tal forma que el niño pueda realizar ajustes de altura de acuerdo a su edad. Esto para evitar que el niño este inclinado o de puntillas para poder jugar.

Referencias

Vivir en Juárez (2014). Trailer de la ciencia espacio interactivo para atención estudiantes en zonas marginadas. En línea: <http://www.vivirenjuarez.com/2014/03/trailer-de-la-ciencia-espacio-interactivo-para-atencion-estudiantes-en-zonas-marginadas/>. (26 de Marzo de 2014).

Bradley, A. (10 de 2014). rockwell automation . Obtenido de rockwell automation : <http://ab.rockwellautomation.com/es>

Littlefield, P. b. (2014). The deuce and a haft iPad. En P. b. Littlefield, The deuce and a haft iPad (págs. 19-21).

Moyles, J. (1999). El Juego en la educacion infantil y primaria. En J. Moyles, El Juego en la educacion infantil y primaria (pág. 32).

Vidal, R. R. (2002). Diversiones Matematicas. En R. R. Vidal, Diversiones Matematicas (págs. 1-8). Barcelona.

Nivel de uso de la computadora de profesores de matemáticas certificados en línea

Juan Hernández¹, Julieta Royval Bustillos¹, Rene Saucedo Silva¹, Valente Barrón¹, Óscar Ruiz Chávez¹, Susana Alonso López¹, Juan Ernesto Chávez Pierce¹

Resumen

Abstracto: El objetivo del presente trabajo consiste en conocer el nivel de uso de la computadora que poseen los docentes de matemáticas que cuentan con la certificación que les permite impartir cursos en la modalidad en línea ya que actualmente el 100% de dichos maestros imparten cursos presenciales. Esta información podrá ser empleada para valorar en una segunda fase las acciones pertinentes para motivar a estos docentes a aprovechar esta herramienta y valorar los beneficios bivalentes (alumno-tutor).

Palabras clave: Educación en línea, Profesores de matemáticas, Habilidades tecnológicas.

Introducción

Actualmente los docentes de matemáticas del Departamento de Física y Matemáticas que cuentan con la certificación para impartir cursos en línea atienden sólo grupos de manera presencial, por consiguiente pretendemos iniciar una campaña de concientización de los beneficios (al principio es más trabajo, pero si está bien elaborado el material en un futuro muy cercano le sobrá tiempo al maestro para hacer lo mismo que hace en las clases presenciales), (sensibilizar a los docentes que se resisten al cambio, para que usen el las TICs porque esto es lo que más

atrae a los alumnos y su aprendizaje es más rápido y dinámico. Concientizar al docente que no va a dar clases de computación sino que va a utilizar las herramientas tecnológicas como apoyo. Concientizar al docente de que no está solo, hay un equipo de trabajo respaldándolo y quizá él no está consciente de ello, por lo tanto para que se entere deben utilizarse todos los medios posibles como es a través de correos electrónicos, avisos en la página de la UACJ, a través de las Academias, a través de oficios, en fin, agostar todos los medios con los que cuenta la Institución.

Diseño de investigación

Según Dankhe (1986) los diseños de investigación pueden iniciarse como exploratorio para convertirse posteriormente en descriptivo correlacional y terminar siendo aplicativa, nuestro caso sólo abarca los dos primeros, es decir exploratorio y descriptivo ya que con el presente estudio pretendemos conocer y describir el nivel de uso de las computadoras de los docentes del

Departamento de Física y Matemáticas que cuentan con la certificación para impartir cursos en línea. Específicamente nos referimos al dominio que tienen los docentes en relación a software y herramientas, sistemas operativos, herramientas y aplicación, software de aplicación, software de comunicación, software de autoría y software para cursos.

¹ Departamento de Física y Matemáticas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

El presente artículo esta se considera como investigación básica ya que únicamente se darán a conocer los patrones del uso de la computadora de los profesores anteriormente mencionados. Al concluir esta investigación, la UACJ contará con las herramientas que le permitirán tomar acciones para aprovechar al máximo la inversión que ha realizado en la capacitación de este grupo de maestros.

Así mismo es una investigación de corte tanto cualitativo como cuantitativo con un mayor sesgo hacia la primera ya que las características estudiadas describen la percepción del docente acerca de su conocimiento hacia los patrones del nivel de uso de la computadora que ellos consideran poseer.

En relación al instrumento que nos permitirá conocer el nivel del uso de la computadora de dichos docentes fue utilizado un cuestionario adaptado por el Dr. Mc Anally (Anexo I) en el cual se asume que las habilidades tecnológicas de los docentes están directamente relacionadas con la cantidad de programas que dominan, así como la percepción que tienen de sus propias habilidades. Se utilizó una escala de cinco opciones (nada, un poco, regular,

substantial y Extenso) para evaluar 65 habilidades

Para la representación de los resultados se utilizaron principalmente los diagramas de radar que permiten visualizar fácilmente las evaluaciones de varias dimensiones a la vez.

Fueron seleccionados el cien por ciento de los docentes del Departamento de Física y Matemáticas que cuentan con la certificación para impartir cursos en línea de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

Los criterios de inclusión son los siguientes:

- a) que el docente cuente con la certificación para impartir cursos en línea.
- b) no importa el tipo de contratación que tenga el docente.
- c) que el docente imparta por lo menos un curso de matemáticas en el Departamento de Física y Matemáticas de la UACJ.
- d) que el docente certificado acepte la evaluación y análisis.

Resultados

A septiembre del 2013 la UACJ ha certificado 227 docentes de los cuales como se aprecia en la figura 1 que aproximadamente la cuarta parte de ellos laboran en el Instituto de Ingeniería y Tecnología donde se encuentra el Departamento de Física y Matemáticas. En la opción "otros" se encuentran maestros del Centro de Lenguas, Ciudad Universitaria, Campus Nuevo Casas Grandes, Campus

Cuauhtémoc, Bibliotecas y docentes con cargos administrativos.

En diciembre de 2012, fecha de su última actualización, DINNOVA informa que la UACJ cuenta con 195 docentes certificados en educación a distancia de los cuales el 23.6 % están adscritos al IIT, de estos el 4.621 % al departamento de Física y Matemáticas. Así mismo de los docentes certificados en educación a distancia el 56 %

son profesores de tiempo completo, 28 % por honorarios, 3.5 % por tiempo parcial y 1.5 % por medio tiempo, el resto desempeñan funciones administrativas.

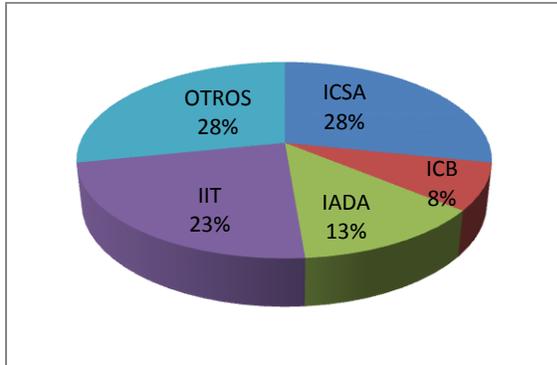


Figura 1. Maestros certificados por Instituto

A continuación se da un panorama de las características principales que nos llevan a conocer los patrones de uso de la computadora y barreras para integrar la tecnología en el proceso de enseñanza de los docentes de matemáticas del IIT de la UACJ que cuentan con la certificación en línea.

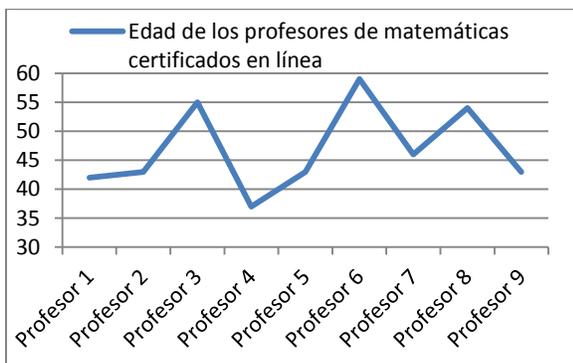


Figura 2. Edad de los profesores de matemáticas certificados en línea.

En la figura 2 podemos observar que las edades de la mayoría de los docentes que cuentan con la certificación en línea fluctúan entre 40 y 50 años, esto nos indica que su edad no debería ser un factor decisivo para impartir sus cursos en línea.

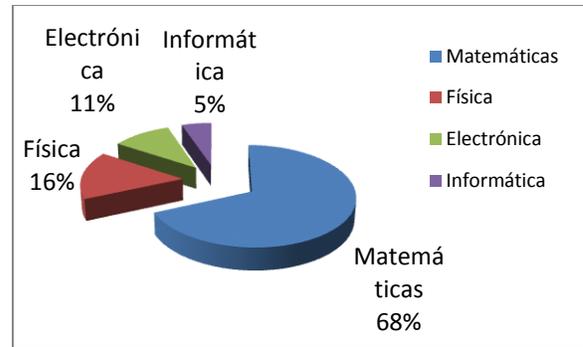


Figura 3. Asignaturas impartidas por docentes certificados en línea

La figura 3 nos muestra el tipo de asignaturas que imparten los maestros de matemáticas certificados en línea en la cual podemos observar que algunos de ellos dedican parte de su tiempo a preparar materiales distintos al área de matemáticas.

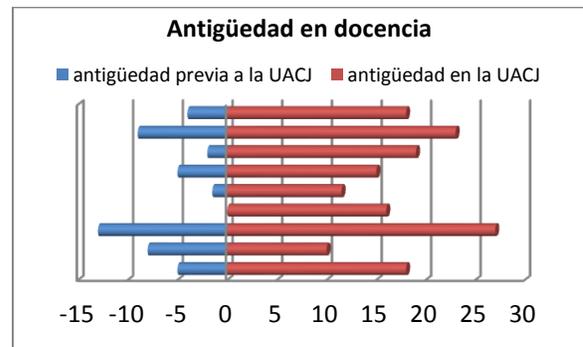


Figura 4. Experiencia académica de los docentes certificados en línea.

En la figura 4 podemos observar que la mayoría de los maestros contaban con experiencia en la docencia, previo a ingresar como docentes a la UACJ. Asimismo es notorio que el 100 % de ellos cuentan con amplia experiencia en el ramo de la docencia.

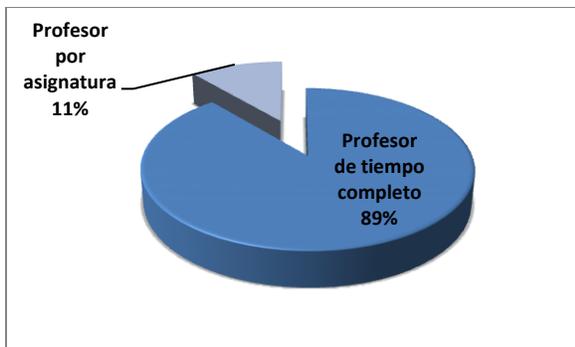


Figura 5. Tipo de contratación de docentes de matemáticas certificados en línea.

En la figura 5 podemos observar que casi el 90 % de los docentes de matemáticas que cuentan con la certificación en línea, están contratados como tiempo completo. Esto implica el compromiso moral que tienen los docentes para apoyar los proyectos que emprenda la Institución encaminados a apoyar a la comunidad juarense, concretamente en lo relacionado con la innovación educativa.

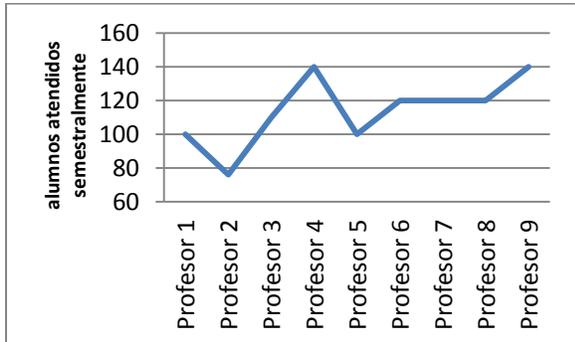


Figura 6. Número de alumnos atendidos semestralmente.

En la figura 6 podemos observar que los maestros atienden a un gran número de alumnos semestralmente ya que estas materias son impartidas en los primeros semestres, los cuales tradicionalmente son grupos numerosos donde el promedio de estudiantes atendidos por materia es de 35 jóvenes impartiendo entre tres y cinco grupos.

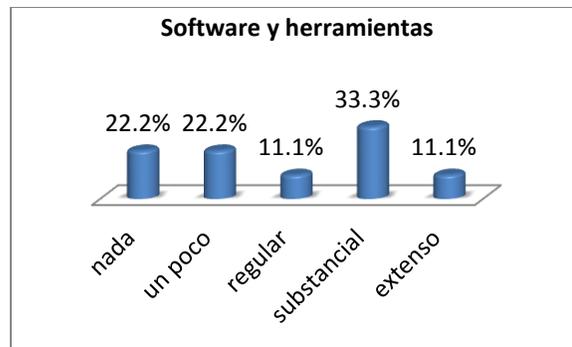


Figura 7. Software y herramientas.

La figura 7 muestra que el 45 % de los docentes han tenido un contacto casi nulo o nulo con los lenguajes de programación. Aunque el conocimiento y el manejo de éstos atañen directamente al área de informática.



Figura 8. Sistemas operativos.

En la figura 8 podemos apreciar que casi el 60 % de los docentes desconocen qué es un sistema operativo. Sin embargo éste corresponde regularmente a los fabricantes de los equipos (Microsoft, Apple Linux etc.) y el conocimiento de los mismos atañe al departamento de informática de la institución.

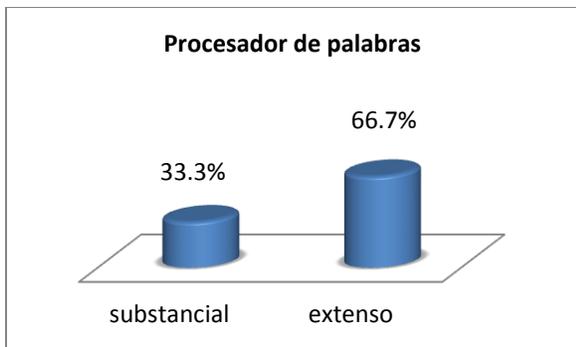


Figura 9. *Procesador de palabras.*

Figura 9 muestra que el 100 % de los docentes dominan algún procesador de palabras (ejemplo Word).

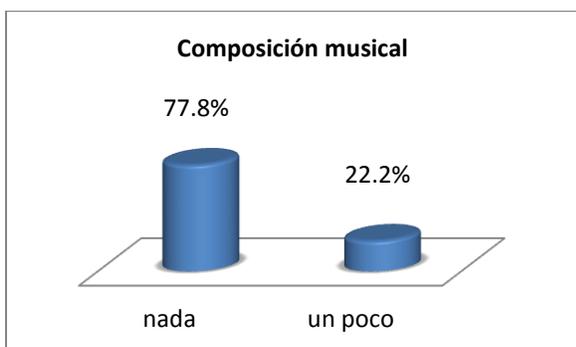


Figura 10. *Composición musical.*

En la figura 10 podemos observar que los docentes desconocen sobre composición musical.



Figura 11. *Editores de publicaciones.*

En la gráfica 11 observamos que más del 50% de los docentes conocen o manejan apropiadamente algún editor de publicaciones (ejemplo Publisher).

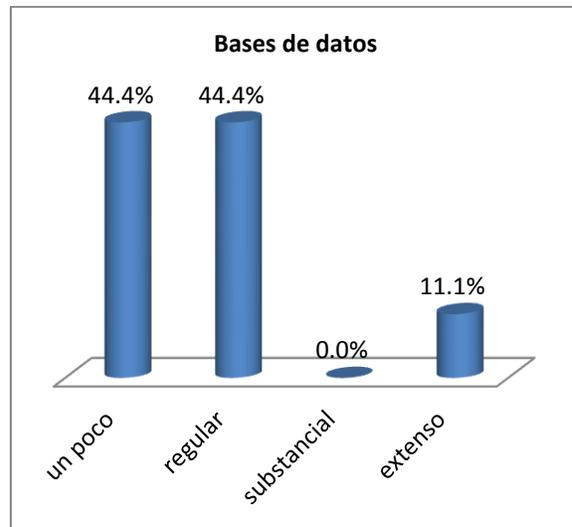


Figura 12. *Bases de datos.*

En la gráfica 12 podemos apreciar que a la gran mayoría de los docentes se les dificulta el manejo de bases de datos (ejemplo Acces).

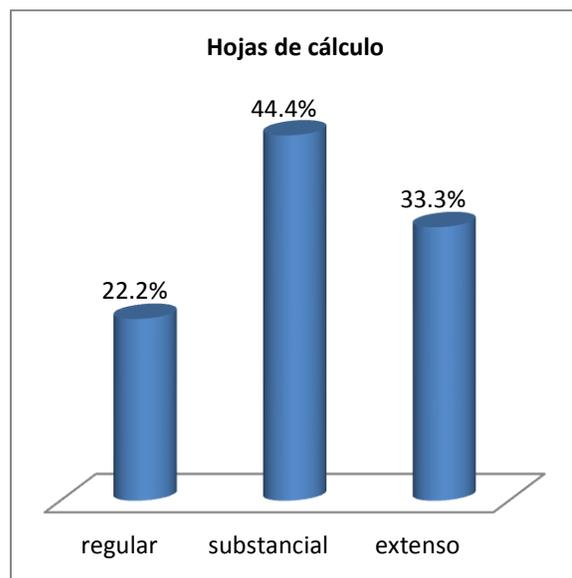


Figura 13. *Hojas de cálculo.*

En la figura 13 podemos apreciar que cerca del 89 % de los docentes se les dificulta el manejo de hojas de cálculo (ejemplo Exel).

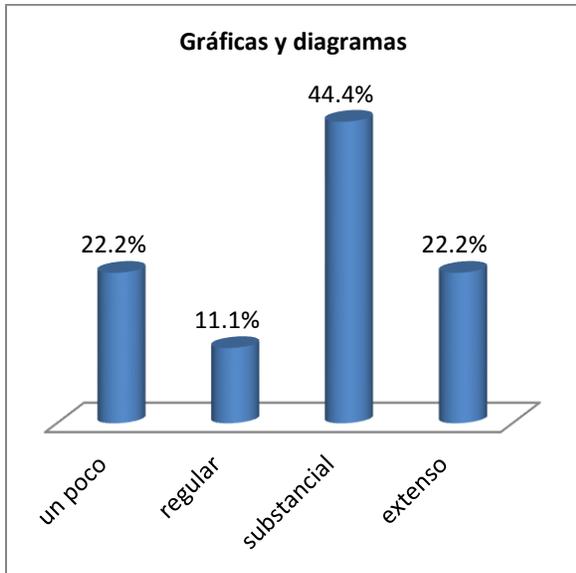


Figura 14. Gráficas y diagramas.

Figura 14 muestra que más del 65 % de los docentes son capaces de elaborar gráficas y/o diagramas

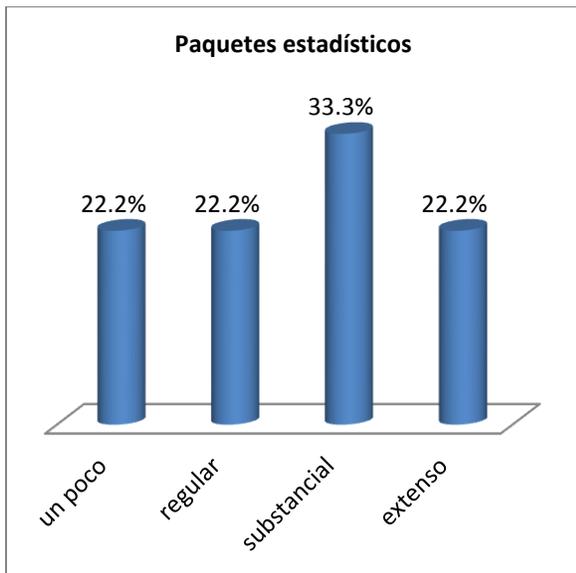


Figura 15. Paquetes estadísticos.

Figura 15 podemos apreciar que más del 55 % de los docentes manejan paquetes estadísticos.

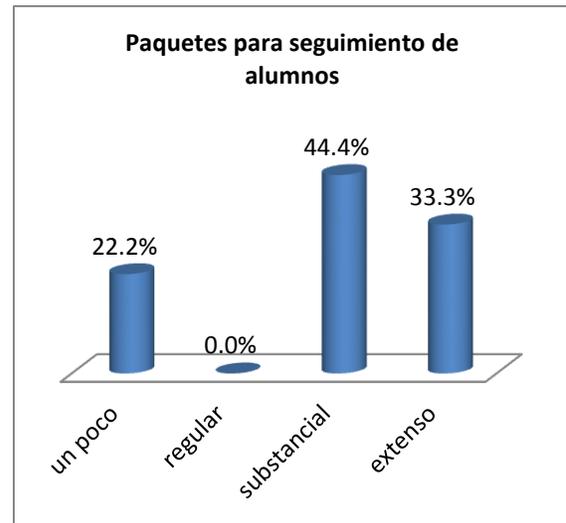


Figura 16. Paquetes para seguimiento de alumnos.

En la figura 16 observamos que el 100 % de los docentes se han apoyado en las herramientas computacionales para dar seguimiento a las evaluaciones y/o pase de lista.

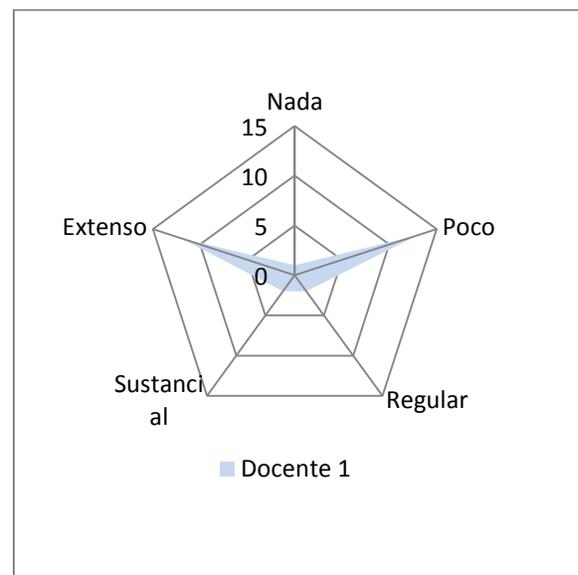


Figura 17. Docente 1.

En la figura 17 el docente 1 muestra una extensa pericia y dominio de algunos softwares, sin embargo es muy limitado en algunos otros. Esto nos indica que solo utiliza los softwares necesarios para su labor docente y el resto le son indiferentes.

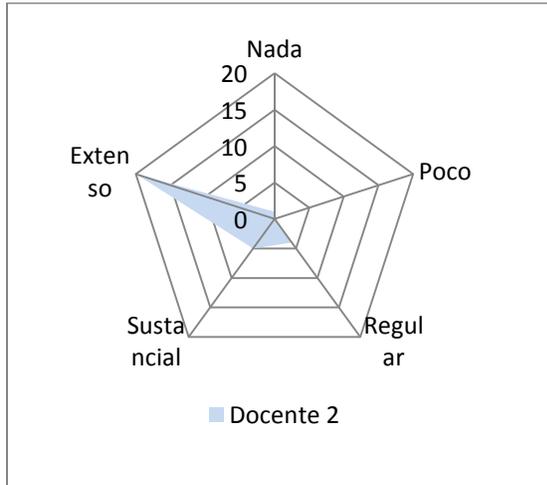


Figura 18. Docente 2.

La figura 18 indica el amplio dominio y pericia en el manejo de software por parte de este docente 2. Como se mencionó con anterioridad, esta es una de las características principales del docente en línea.

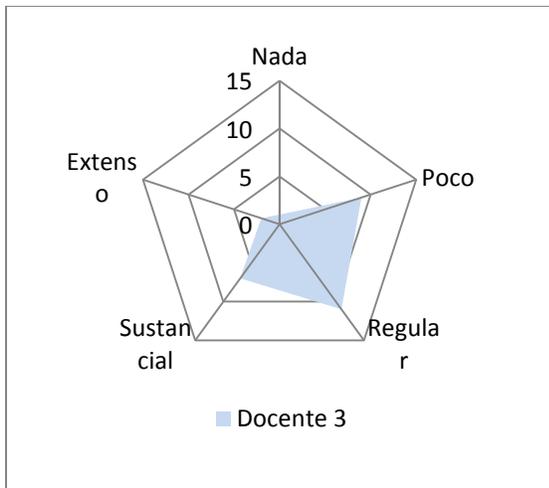


Figura 19. Docente 3.

La figura 19 muestra una tendencia hacia el poco o regular dominio y pericia en el manejo de software por el docente 3, aunque muestra un sustancial manejo en algunos otros, lo que le hace susceptible de ser integrado a la innovación.

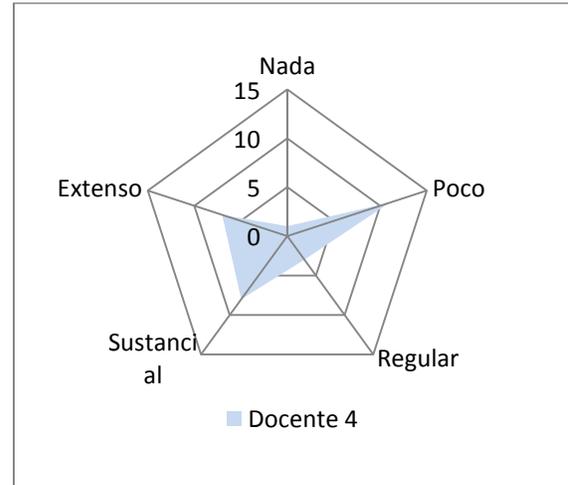


Figura 20. Docente 4.

La figura 20 muestra que el docente 4 tiene un sustancial y extenso dominio y pericia en algunos softwares. Aunque muestra poco dominio y pericia en algunos otros, este docente es susceptible de integrarse a la innovación.

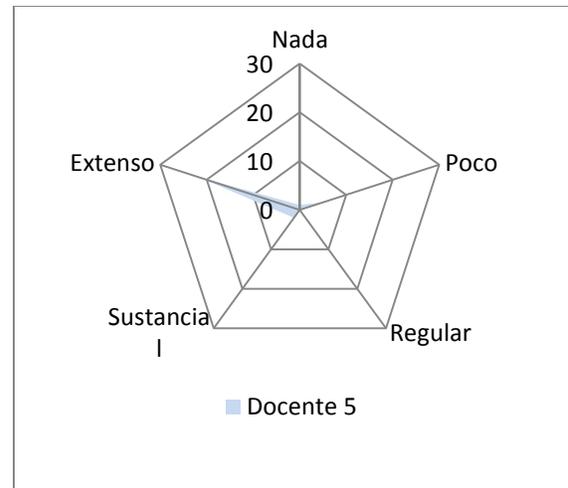


Figura 21. Docente 5.

La figura 21 indica el amplio dominio y pericia en el manejo de software por parte del docente 5. Como se mencionó con anterioridad en el capítulo II esta es una de las características principales del docente en línea.

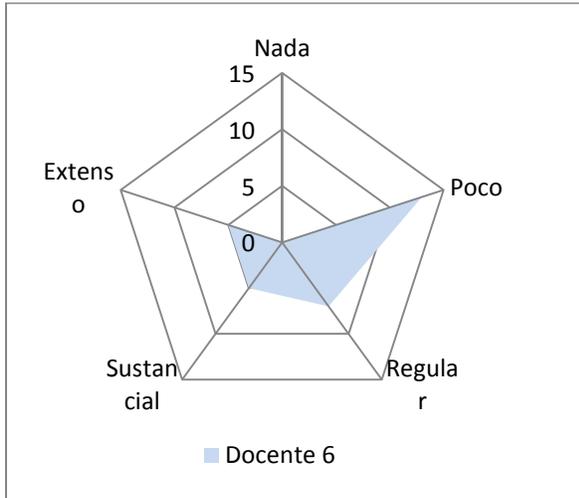


Figura 22. Docente 6.

La figura 22 muestra una tendencia hacia un regular dominio y pericia en el manejo de software, sin embargo este pequeño conocimiento lo hace susceptible de ser integrado a la innovación.

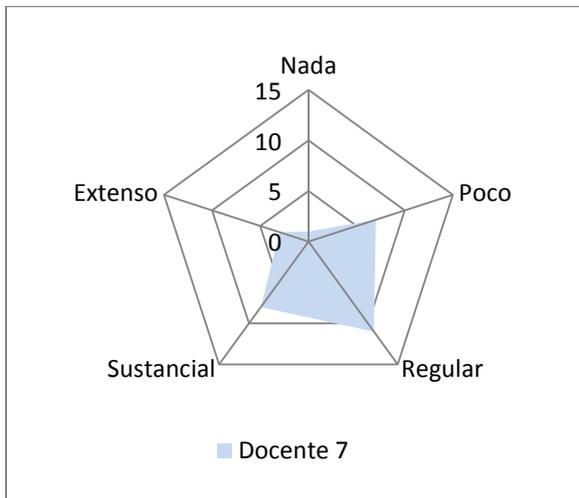


Figura 23. Docente 7.

La figura 23 muestra una tendencia hacia un regular dominio y pericia en el manejo de software, así mismo muestra un sustancial y poco manejo en algunos otros lo que le hace susceptible de ser integrado a la innovación.

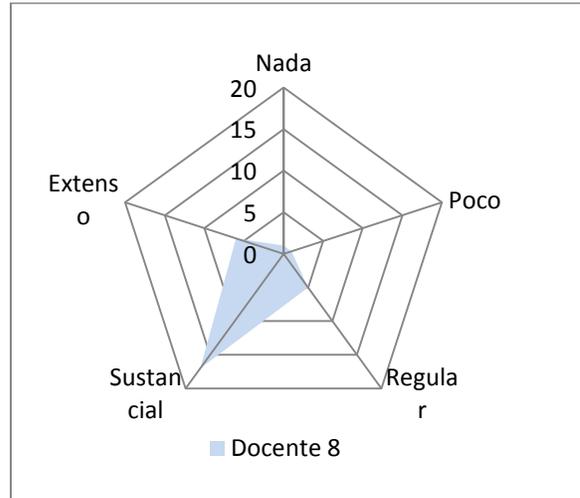


Figura 24. Docente 8.

La figura 24 indica el sustancial dominio y pericia en el manejo de software por parte de este docente. Como se mencionó con anterioridad en el capítulo II esta es una de las características principales del docente en línea.

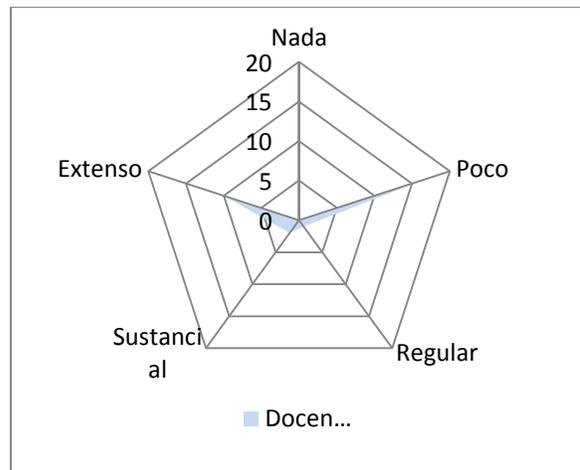


Figura 25. Docente 9.

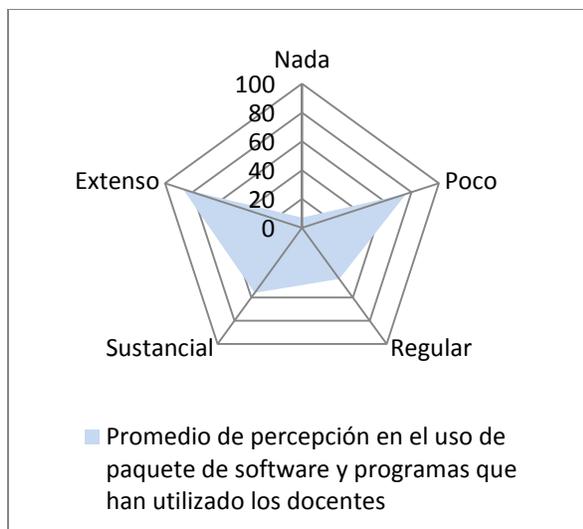


Figura 26. Promedio de percepción en paquete de software.

En la figura 25 el docente 9 muestra una extensa pericia y dominio de algunos software, sin embargo es muy limitado en algunos otros, esto nos indica que solo utiliza los software necesarios para su labor docente y el resto le son indiferentes.

En la figura 26 podemos apreciar que ningún docente carece de pericia y dominio de software. Aunque es muy diverso el dominio y pericia que tienen, podemos observar que no desconocen el tema, por lo tanto concluimos que el 100% de los docentes de matemáticas que cuentan con la certificación a distancia son susceptibles de integrarse a la innovación.

RECOMENDACIONES

Consideramos que es sano retomar las acciones de las Instituciones que llevan un largo camino recorrido ya que su experiencia nos permite en cierta medida disminuir la tendencia al fracaso, es por ello que sugerimos al igual que la Universidad de Guadalajara (UdeG) estipular como requisito de egreso a nuestro estudiantes haber cursado una materia en la modalidad virtual ya que consideramos que esto les dará un plus porque debe contar con ciertas características como es la organización de su propio tiempo, autoconcientes de su aprendizaje, abiertos a las nuevas tendencias, poseen altas habilidades tecnológicas, desarrollan un gran manejo de búsqueda en la web y gestión de contenidos, están dispuestos a utilizar nuevas aplicaciones y a la actualización constante, poseen la habilidad de compartir conocimientos, buscan resolver dudas, etc. En conjunto, la necesidad de desarrollar todas estas competencias les permite mayores oportunidades en el campo laboral.

Así mismo, la UACJ estaría en condiciones de ampliar las alternativas para aquellos estudiantes que trabajan y les es más difícil acomodar sus horarios ya que se les ampliaría la oferta de cursos.

Aprovechar al máximo los recursos que fueron destinados para certificar a los maestros de matemáticas y aun no se ve reflejado debido a la inexistencia de cursos de matemáticas en la modalidad en línea.

Al principio es necesario que la UACJ realice una gran inversión en personal técnico, logística, adquisición de equipo, etc. Sin embargo en un corto periodo de tiempo se verían los beneficios ya que los materiales bien diseñados se pueden multiplicar con el uso de objetos de aprendizaje.

Por otro lado, el presente estudio se enfoca en la carencia de cursos en línea de matemáticas, involucrando a los profesores y el ambiente laboral en donde se desempeñan dichos profesores. Por los

resultados encontrados, consideramos importante un trabajo que enfoque la investigación en sentido inverso, es decir, desde la organización hasta el curso en línea: tomar la organización como la unidad de análisis para comprender el desarrollo de

la educación en línea y el diseño educativo de cursos en línea. Esto ahondaría la comprensión de los requerimientos necesarios para instrumentar una modalidad que en las IES presenciales es innovadora.

Referencias

McAnally Salas L. (2007), tesis doctoral Factores contextuales y de formación docente que influyen en el diseño de cursos en línea 2007.

Perfiles educativos: educación a distancia. Consultado en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-26982012000200008&script=sci_arttext

Seis problemas de los sistemas universitarios de educación en línea
<http://www.um.es/ead/red/12/barron.pdf>

La educación a distancia: sus retos y posibilidades, Consultado en:
<http://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero1/Articulos/EaDretos.pdf>

ANEXO I

Cuestionario para determinar el nivel de uso de la computadora de los profesores

En esta sección se intenta obtener información acerca de los individuos que respondan a la encuesta. La información obtenida de los participantes se tratará de manera confidencial y sólo el grupo de datos será reportado como resultado de la encuesta.

1. Software y herramientas:	Escala de importancia				
	Nada	Un poco	Regular	Substancia I	Extenso
Pericia/dominio de cualquier lenguaje de programación (Ej. Basic, C, C++, Fortran, Clipper, etc.)	<input type="radio"/>				

2. Sistemas operativos	Escala de importancia				
	Nada	Un poco	Regular	Substancial	Extenso
Solaris	<input type="radio"/>				
Mac OS	<input type="radio"/>				
PC-DOS	<input type="radio"/>				
Win 3.x, NT	<input type="radio"/>				
Win 95, 98	<input type="radio"/>				
Win NT, 2000 (servidor)	<input type="radio"/>				
Win XP	<input type="radio"/>				
Sun	<input type="radio"/>				
UNIX	<input type="radio"/>				
Linux	<input type="radio"/>				

3. Herramientas de aplicación	Escala de importancia				
	Nada	Un poco	Regular	Substancial	Extenso
Cualquier procesador de palabras (Word Star, Word, WordPerfect, WordPro, etc.)	<input type="radio"/>				
Composición musical	<input type="radio"/>				
Editores de publicaciones; Desktop Publishing (Page Maker, Ventura, QuarkXpress, InDesign, etc.)	<input type="radio"/>				
Bases de datos	<input type="radio"/>				
Hojas de cálculo	<input type="radio"/>				
Gráficas y diagramas	<input type="radio"/>				

Paquetes estadísticos	<input type="radio"/>				
Paquetería para seguimiento de alumnos (calificaciones, asistencias, etc.)	<input type="radio"/>				

4. Software de graficación	Pericia/dominio				
	Nada	Un poco	Regular	Substancial	Extenso
Paquetes para presentaciones (Power Point, Harvard Graphics, Lotus Freelance, etc.)	<input type="radio"/>				
Programas para dibujo (CorelDraw, Canvas, Illustrator, etc.)	<input type="radio"/>				
Programas para pintura (PhotoShop, CorelPaint, Paint, etc.)	<input type="radio"/>				
Viñetas o <i>Clipart</i>	<input type="radio"/>				
Diseño, CAD	<input type="radio"/>				

5. Software para comunicación	Pericia/dominio				
	Nada	Un poco	Regular	Substancial	Extenso
Correo electrónico	<input type="radio"/>				
Newsgroups	<input type="radio"/>				
Listas de correo, BBS	<input type="radio"/>				
Charla en tiempo real (chateo)	<input type="radio"/>				
FTP (subir y bajar archivos)	<input type="radio"/>				
Gopher	<input type="radio"/>				
Navegación y búsqueda en Internet (World Wide Web)	<input type="radio"/>				
Bases de datos en línea (y/o catálogos de bibliotecas)	<input type="radio"/>				
Video o audio en línea	<input type="radio"/>				

6. Software de autoría	Pericia/dominio				
	Nada	Un poco	Regular	Substancial	Extenso
Director	<input type="radio"/>				
Flash	<input type="radio"/>				
Toolbook	<input type="radio"/>				

Authorware	<input type="radio"/>				
Otro: _____	<input type="radio"/>				

7. Software para cursos	Pericia/dominio				
	Nada	Un poco	Regular	Substancial	Extenso
Tutoriales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Práctica y ejercitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plataformas para dar cursos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Juegos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Varios	Pericia/dominio				
	Nada	Un poco	Regular	Substancia I	Extenso
Material en CD-ROM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
DVD	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Video	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robótica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad virtual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Creación/edición de páginas en Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Porque no imparte al menos una materia en la modalidad virtual?	Escala de importancia				
	Nada 0%	Un poco 25%	Regular 50%	Substancia I 75%	Siempre 100%
El factor tiempo le ha impedido preparar el material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sus habilidades en el manejo de las TIC le han impedido preparar el material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Incentivos Insuficientes para elaborar el material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trámites burocráticos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Considera que es mucho más difícil elaborar materiales didácticos para un curso en línea del área de matemáticas que en otras áreas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es complicado navegar en la plataforma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

No tendría la certeza de que se logre el aprendizaje significativo	<input type="radio"/>				
Considera que existen demasiados factores ajenos a sus funciones para lograr terminar con éxito el curso	<input type="radio"/>				
Temor a ser mal evaluado y que esto repercuta en su participación en el programa de estímulos al desempeño académico	<input type="radio"/>				
Los apoyos de índole tecnológico (servidor, software, equipo de cómputo, etc.) que ofrece la UACJ le han impedido preparar o impartir un curso en línea	<input type="radio"/>				
Considera que la UACJ debería ofrecer mayores incentivos económicos debido a la dificultad para diseñar los materiales para este tipo de cursos	<input type="radio"/>				
La UACJ no cuenta con las suficientes herramientas para impartir cursos en línea	<input type="radio"/>				
Los apoyos de índole humanos (personal de apoyo en diseño, gestión y elaboración) que ofrece la UACJ le han impedido preparar e impartir un curso en línea	<input type="radio"/>				
Simplemente, no está interesado en esta modalidad	<input type="radio"/>				
Otros (especifique)	<input type="radio"/>				

Prototipo de una máquina para la fabricación de piezas con geometrías en dos dimensiones

Juan Carlos Juárez¹, Javier Molina¹, Delfino Cornejo¹, Ismael Canales Valdivieso¹

Resumen

En este artículo se presenta una propuesta para el desarrollo e implementación del prototipo de una máquina que sea capaz de fabricar piezas geométricas a través de una interfaz gráfica orientada a un entorno didáctico y estas piezas a su vez puedan ser usadas durante la enseñanza, explicación, y prácticas relacionadas con el dimensionamiento geométrico y tolerancias (GD&T) en las diferentes asignaturas académicas del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

Palabras clave: Máquina, Herramienta, Interfaz hombre-máquina, Microcontrolador, GD&T, Fabricación.

Introducción

En este artículo se presenta una propuesta para el desarrollo e implementación del prototipo de una máquina capaz de fabricar piezas geométricas a través de una interfaz gráfica orientada a un entorno didáctico y estas piezas a su vez puedan ser usadas durante la enseñanza, explicación, y prácticas relacionadas con el Dimensionamiento Geométrico y Tolerancias (GD&T, por sus siglas en inglés, que significan Geometric Dimensioning and Tolerancing). Las GD&T son el idioma internacional que se usa para definir y describir de manera precisa una parte, están comprendidas por una variedad de símbolos, reglas, definiciones y convenciones que pueden ser usados para describir el tamaño, forma, orientación y tolerancias de ubicación de las diferentes características de una parte expresada en un dibujo de ingeniería. Al proveer un estándar

uniforme para las especificaciones de un dibujo, las GD&T reducen las controversias, suposiciones y mala interpretación a lo largo del proceso de manufactura e inspección. Debido a la importancia de lo anterior en el laboratorio de metrología se necesita una máquina que sea capaz de fabricar diferentes geometrías en dos dimensiones para que puedan ser empleadas en la explicación y enseñanza de los conceptos de medición de geometrías en coordenadas X & Y, con una baja inversión inicial y que se enfoca en un entorno de uso didáctico. Es de suma importancia la impartición académica de las tolerancias geométricas y dimensionales en la formación profesional de un estudiante de ingeniería, pero debido a que el comprender estos estándares generalmente resulta difícil para el estudiante, es necesario considerar y desarrollar métodos innovadores para su explicación y comprensión.

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Se pueden tomar como referencia diversos trabajos e investigaciones que están relacionados con el proyecto planteado, y que pueden servir como punto de referencia. Se consideraron investigaciones que tuvieran como base y/o punto de enfoque lo que es conocido en inglés como el “Do It Yourself” (DIY, que se puede traducir como “Hágalo usted mismo”), lo cual se considera como la práctica de construir, desarrollar, modificar o reparar algo sin la ayuda de expertos o profesionales, lo que conlleva a un ahorro de dinero, adquisición de habilidades y conocimientos específicos.

En el año 2014 en la Universidad de Banja Luka, de Bosnia y Herzegovina, se diseñó una máquina CNC de 3 ejes utilizando un enfoque modular, esto se llevó a cabo utilizando un módulo básico para la estructura de soporte, la cual incluía el sistema de movimiento y medición, otro módulo para el husillo y por último el módulo de la unidad de control. Esta investigación tenía como enfoque principal el desarrollar el sistema de hardware y software apropiado para la unidad de control de tal manera que permitiría la entrada directa y a su vez reconociera código G basado en el estándar ISO6983. (Kovjanic et al., 2014)

Siguiendo con la revisión, se encontró el caso práctico de la Universidad de Gas y Petróleo de Ploiesti, Rumania, donde se diseñó y construyó un enrutador CNC (Control Numérico Computarizado) de

3 ejes, este tipo de máquinas herramienta pueden ser utilizadas para trabajar en materiales como madera, plástico, metales y espuma por mencionar algunos, también son ampliamente usadas en la fabricación de tablillas para circuitos electrónicos (PCB's – Printed Circuit Boards). La máquina se construyó empleando motores de pasos, ya que dichos motores presentan la ventaja de no necesitar retroalimentación del proceso, y a su vez proveen alta precisión y repetibilidad. La transmisión de los diferentes movimientos se logró empleando un sistema de engranes y bandas acoplado a los motores de los ejes X & Y, para el eje Z se utilizó un tornillo sin fin. La estructura mecánica consta de una base fija y pórtico móvil. Para el sistema de control se utilizó una computadora con puerto paralelo y el software de control Mach3 desarrollado por la compañía ArtSoft, el Mach3 interpreta el código G ingresado por el usuario y ejecuta las secuencias necesarias. (Nae & Andrei, 2010).

Para realizar el prototipo planteado en este trabajo, es necesario un bajo costo e inversión inicial, para lo cual el prototipo se construirá a partir de una estructura mecánica (Figura 1) la cual efectuará los movimientos en los ejes X, Y, Z y será controlada mediante el uso de una interfaz hombre-máquina ejecutada desde una computadora, la cual se comunicará con un microcontrolador Arduino y otros componentes electrónicos, para realizar los movimientos y acciones pertinentes.

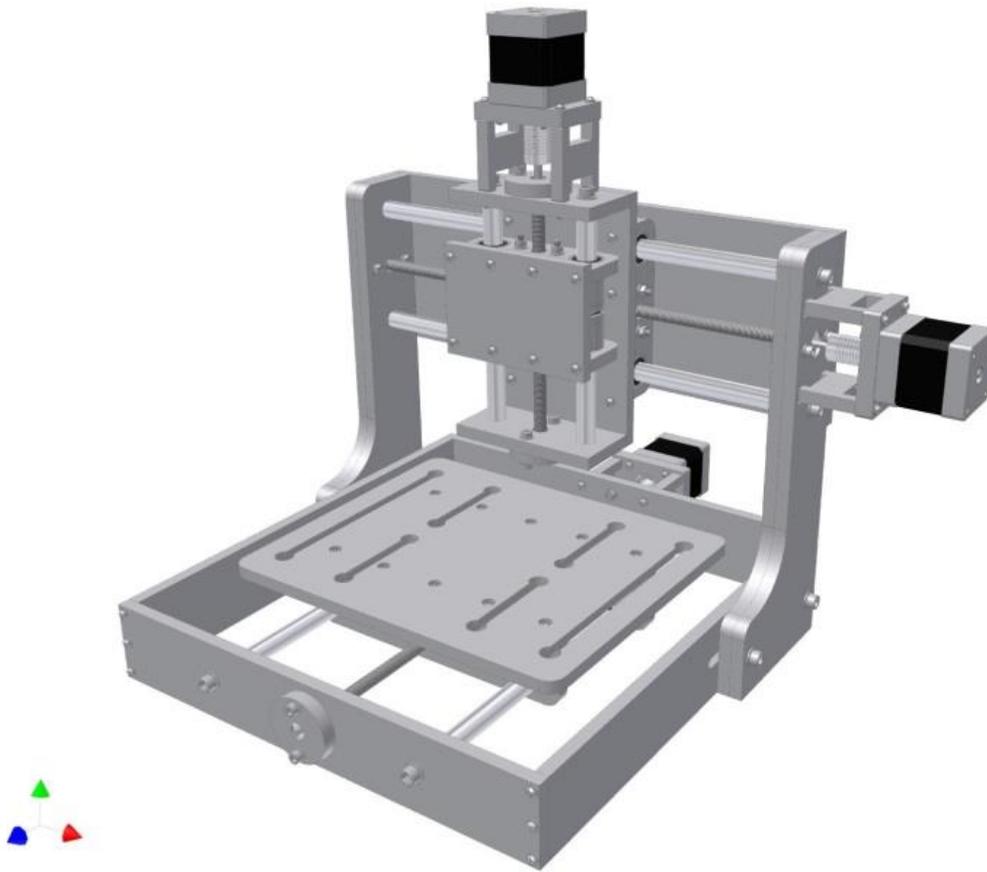


Figura 1. Estructura mecánica de la máquina. Zen Toolworks, LLC. 2010.

Metodología

En la Figura 2, Figura 3 y Figura 4 se muestra la metodología propuesta a llevar a cabo en este trabajo, en la que se contemplaron dos sistemas a desarrollar: el primero será la parte física o del hardware, que está comprendida por todos los circuitos eléctricos, motores paso a paso, el microcontrolador y la estructura mecánica,

en esta etapa se definen los componentes a utilizar según los requerimientos, se realizan las conexiones y pruebas funcionales necesarias. El segundo sistema será la parte de la programación de la interfaz hombre-máquina y del microcontrolador. Por último se hará la integración y validación del prototipo completo.

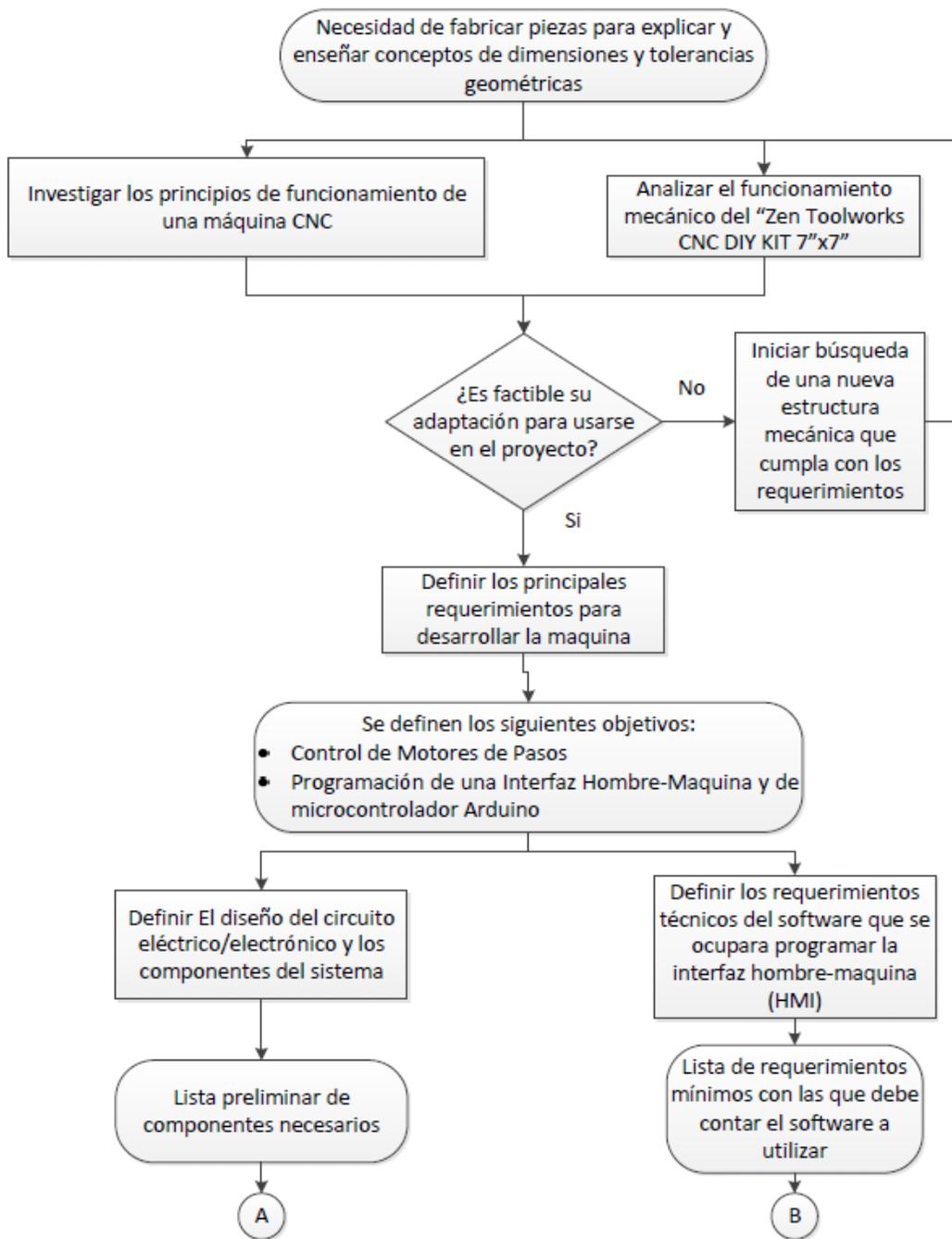


Figura 2. Metodología preliminar

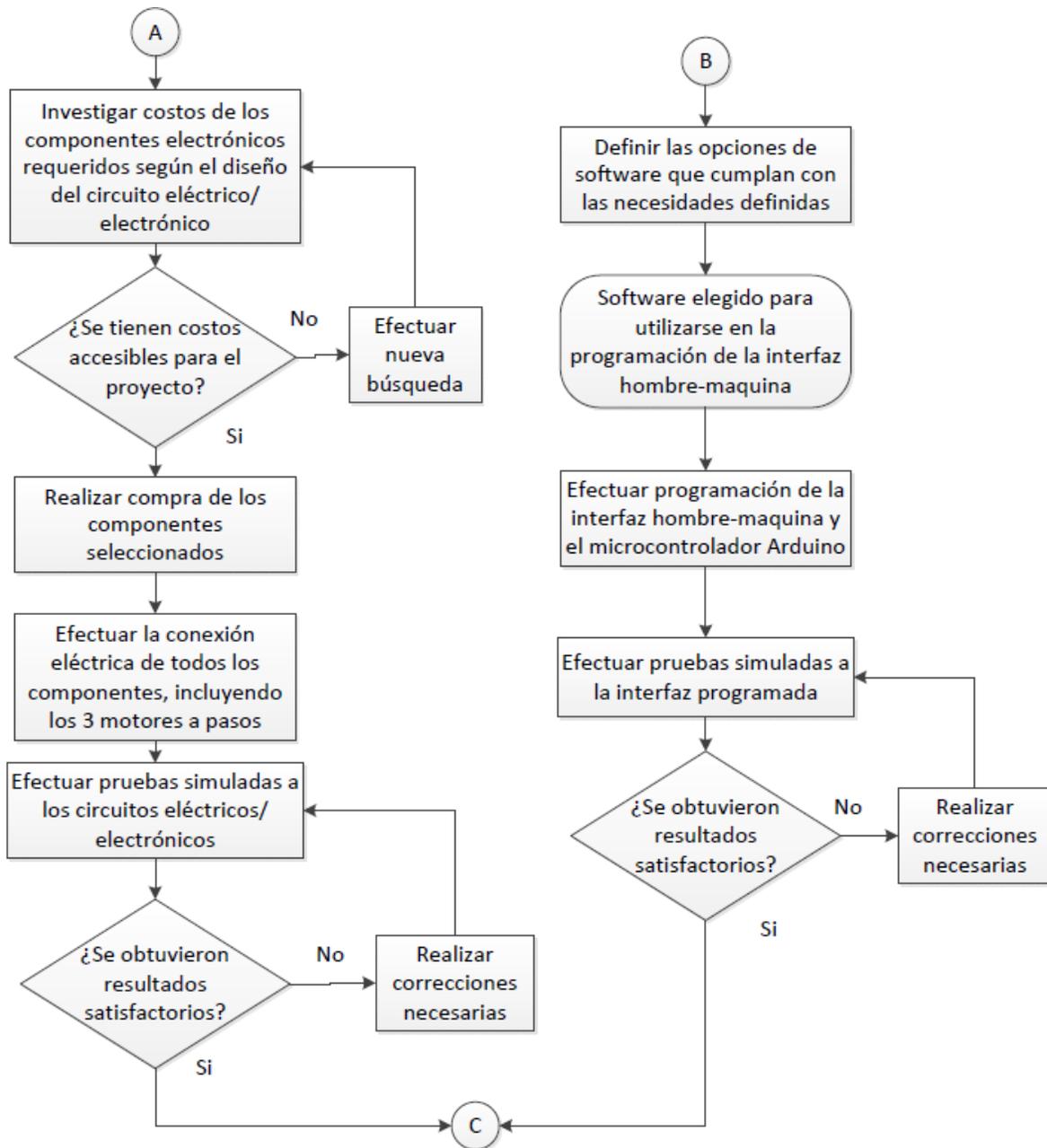


Figura 3. Metodología preliminar.

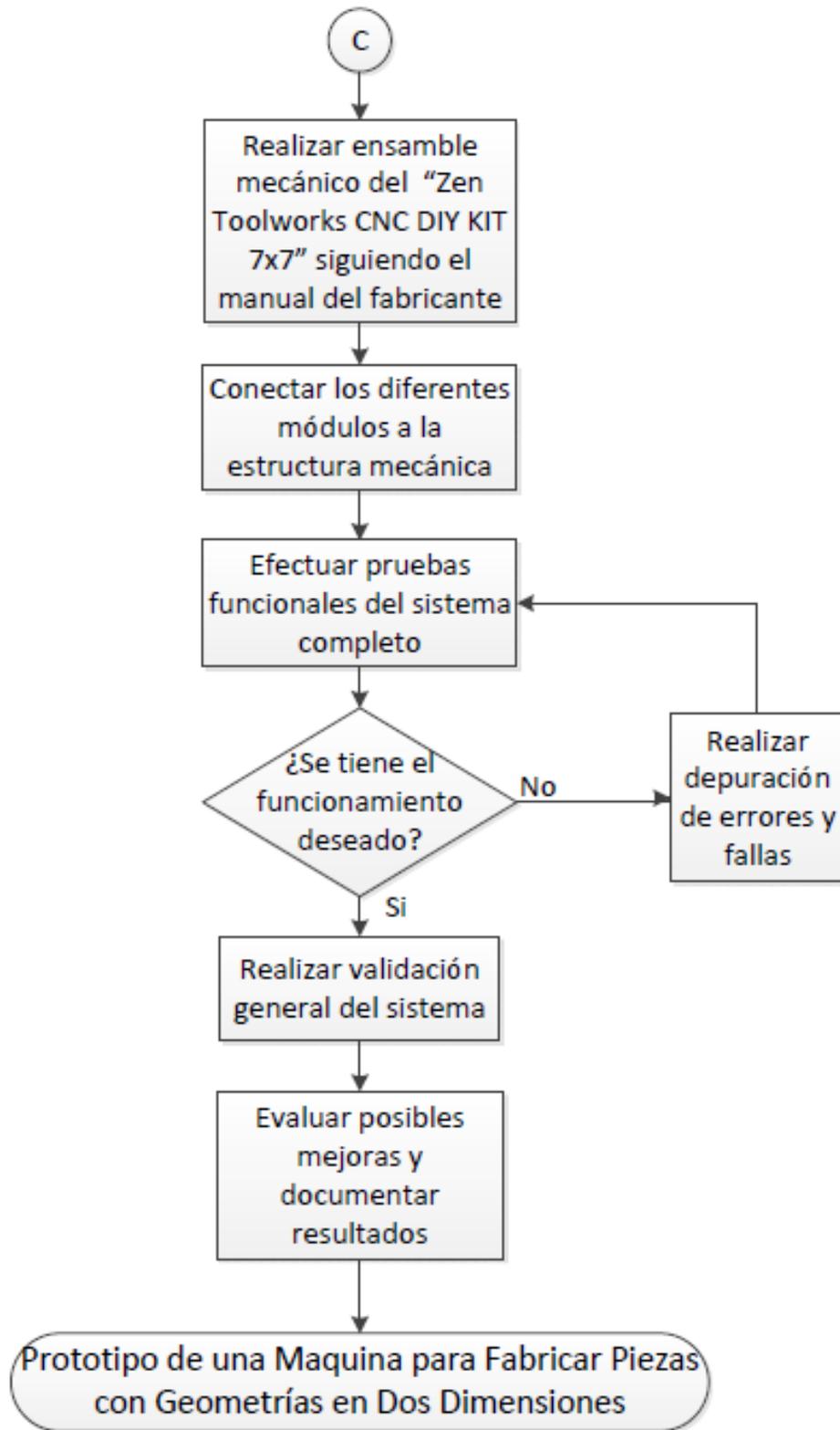


Figura 4. Metodología preliminar.

Software de control

Aquí se detalla la segunda etapa del proyecto, en la cual se hará la programación del prototipo. Debido a que existe una amplia gama de aplicaciones comerciales que pueden controlar varios tipos de máquinas CNC (fresadoras, tornos, etc.), entre los más conocidos y utilizados están el Mach3, K-Cam y CamSoft, el software Mach3 es el más utilizado para máquinas CNC DIY, y aunque existe una versión libre se tiene limitada de tal manera que solo se pueden ingresar programas en código G con un tamaño máximo de 1000 líneas. La ventaja de este programa es que el usuario de la máquina no necesita tener un grado de conocimiento alto en cuanto a programación en código G, ya que un software CAM convencional (MasterCAM, EdgeCAM, SolidCAM, etc.) lo genera automáticamente a partir de un modelo CAD, de esta manera el usuario solo necesita copiar el código G, dentro de la interfaz del Mach3 (Kentzer et al., 2011). Una configuración preliminar es necesaria antes de utilizar el software con la máquina, ya que este necesita conocer los pines a los que están conectados los motores

paso a paso, los interruptores de límite, el paro de emergencia y cualquier otro accesorio que el usuario pretenda usar y quiera que el software controle. Una parte muy importante es indicarle al programa cuantos pasos son necesarios para que los ejes recorran una unidad de distancia (mm, in, etc.).

Tomando en cuenta los puntos mencionados en el párrafo anterior, para este trabajo se decidió utilizar Matlab para crear la interfaz de usuario y la librería *grbl* para controlar las funciones que realiza el microcontrolador Arduino en conjunto con la estructura mecánica, esta librería básicamente funciona como un interpretador de código G.

De tal manera que al momento que el usuario ingresa el código G (previamente generado) en la interfaz de Matlab, está la envía al microcontrolador mediante el puerto USB de la computadora y la librería *grbl* lo interpreta y realiza las acciones que fueron indicadas mediante el código G ingresado.

Conclusiones

Con la propuesta establecida en este artículo se pretende obtener un prototipo funcional de una máquina que sea capaz de fabricar diferentes geometrías en dos dimensiones y que pueda ser utilizada en el laboratorio de metrología para la explicación y enseñanza de los siguientes conceptos:

- Medición de geometrías en coordenadas X & Y.

- Funcionamiento de máquinas herramienta CNC.

Obteniendo estos beneficios con un bajo costo en inversión inicial y subsecuentemente en mantenimiento y reparaciones. Se recomienda para trabajos futuros, automatizar el accionamiento de la herramienta corte, la velocidad de corte e integrar un simulador gráfico de código G en la interfaz.

Referencias

Jones, R., Haufe, P., Sells, E., Iravani, P., Olliver, V., Palmer, C., & Bowyer, A. (2011). RepRap – the replicating rapid prototyper. *Robotica*, 29(Special Issue 01), 177-191. doi:10.1017/S026357471000069X

Kentzer, J., Koch, B., Thiim, M., Jones, R., & Villumsen, E. (17-19 May 2011). An open source hardware-based mechatronics project: the replicating rapid 3-D printer. 2011 4th International Conference On Mechatronics (ICOM) (págs. 1-8). Kuala Lumpur: IEEE. doi:10.1109/ICOM.2011.5937174

Kovjanic, M., Kecman, A., Brdar, N., Stojcic, M., & Globocki-Lakic, G. (enero - marzo de 2014). Design of laboratory 3-axis cnc milling machine by modular approach "labros 100s". *Acta Technica Corvininensis - Bulletin of Engineering*, págs. 123-126.

Nae, I., & Andrei, T. (2010). Designing and building a CNC router using stepper motors. *Petroleum - Gas University of Ploiesti Bulletin, Technical Series*, págs. 55-62.

Diseño robusto de parámetros para el proceso de sellado de bolsas Tyvek® 1073b – PET en máquina de sellado continuo

Gerardo Terán¹, Noé Alba¹, Francisco Javier Estrada¹, Javier Molina¹

Resumen

El efecto de los parámetros de sellado en la maquina Doboy® B-550M para el cierre de bolsas de Tyvek® 1073B – PET fueron investigados en este trabajo. Basados en los resultados obtenidos una ventana de operación fue determinada. La determinación de parámetros fueron desarrollados usando un diseño factorial completo 2³ con puntos centrales. Para el diseño robusto de parámetros un arreglo interno L9 fue utilizado para los factores controlables y un arreglo externo L9 para los factores de ruido. Tres factores controlables fueron considerados: temperatura, presión y velocidad de avance; y dos factores de ruido: grosor de la pared y ancho de la bolsa. El resultado muestra que con la utilización del diseño robusto de parámetros se logra reducir la variación de los valores de rompimiento ocasionadas por la variación del material.

Palabras clave: Termo-sellado, Diseño, Parámetros, Robustos, Taguchi.

Introducción

La creciente demanda para producir con bajos costos frente a la competencia mundial ha provocado la búsqueda de métodos rigurosos de toma de decisiones, así como también de métodos de optimización para diseñar y producir sistemas y productos ambos económicos y eficientes. Las técnicas de optimización han alcanzado un alto grado de madurez en los años recientes, han sido utilizadas en un amplio espectro de industrias, incluyendo la aeroespacial, automotriz, química, eléctrica, construcción, automatización e industrias manufactureras.

La industria médica también forma parte de ese grupo de empresas en el que la robustez de sus productos debe satisfacer ampliamente las necesidades de los médicos,

enfermeras, pacientes y todos aquellos usuarios finales que requieran de algún medicamento o dispositivo esterilizado.

Los usuarios finales que utilizan dispositivos esterilizados confían en la calidad de esos productos. La pérdida de la esterilidad del dispositivo puede crear consecuencias potencialmente mortales para el paciente. Por lo tanto, es importante que el empaque del dispositivo medico mantenga su estado de esterilidad durante su distribución y todo el periodo de almacenamiento antes de su utilización.

El diseño y desarrollo del proceso de empaque de dispositivos médicos es siempre objeto de escrutinio por parte de las agencias reguladoras (Kutz, 2003).

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Durante la etapa de diseño del proceso de empaque se debe tener en cuenta la fuerza de sellado mínimo que el paquete debe cumplir para poder determinar los parámetros de operación del equipo de termo-sellado que será utilizado para tal fin. El termo-sellado es el proceso de soldado de un termoplástico a otro termoplástico u otro

material compatible usando calor y presión (Troughton, 2008).

Existen diferentes tecnologías para realizar el proceso de termo-sellado de bolsas médicas, la Figura 1 muestra una clasificación general de las máquinas para el proceso de termo-sellado.

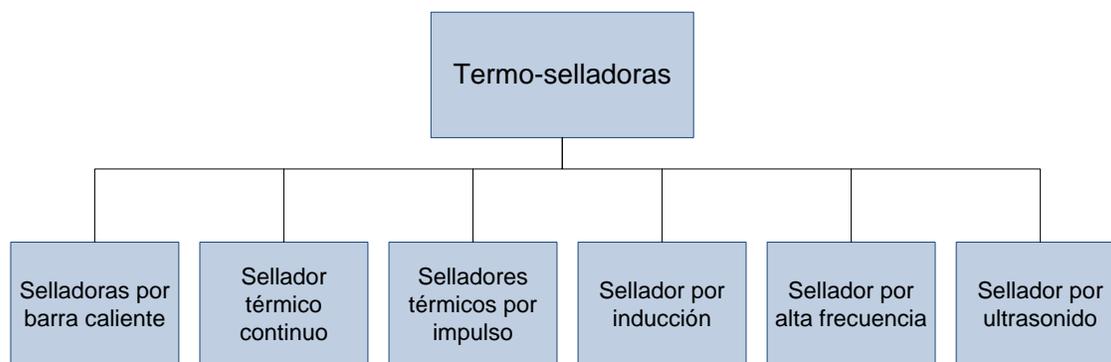


Figura 1. Clasificación de máquinas de termo-sellado.

La máquina DOBOY® B-550M es un sellador térmico continuo diseñado para sellar bolsas prefabricadas de una diversidad de materiales. El proceso comienza cuando las bolsas son pre-llenadas con el producto a empacar, después, se inserta la bolsa en el equipo donde un par de correas sujetan el paquete y lo trasladan al área de sellado. La parte superior de la bolsa entra en un par de bandas de fibra de vidrio recubiertas por teflón a la altura del área de sellado. Estas bandas de teflón están situadas encima de las bandas transportadoras y funcionan a la misma velocidad. Mientras el paquete se está moviendo en la máquina, llegan a un par de barras de calentamiento donde el paquete debe de recibir el calor suficiente para que pueda llevarse a cabo la unión de las dos filminas que conforman la bolsa. Después de la etapa de calentamiento, el paquete llega al área de sellado compuesta por un rodillo metálico y un rodillo de goma los cuales ejercen una presión constante para

que los materiales de la bolsa se unan. Por último, el paquete sellado debe pasar a través de unas barras de enfriamiento y posteriormente el paquete es expulsado del equipo finalizando así el proceso de sellado.

Con el paso del tiempo algunos estudios concernientes a los efectos de los parámetros de sellado fueron desarrollados y están disponibles en la literatura.

Theller, estudió la capacidad del sellado térmico de películas plásticas en selladoras de barra. El reportó que la temperatura y el tiempo de sellado son los principales factores que controlan la fuerza de sellado en este tipo de máquinas (Theller, 1989).

Meka y Stehling, condujeron una serie de estudios concernientes al proceso de sellado, ellos determinaron cuantitativamente el efecto de las variables del proceso de sellado por calor sobre las propiedades de

sellado de películas de polietileno. También reportaron que la temperatura y el tiempo son los principales factores que influyen en la fuerza de sellado (Meka & Stehling, 1994).

Otros autores (German Society for Sterile Supply, 2012) (Franks & Barcan, 1999) (Robertson, 2013) mencionan que los resultados de la prueba de tensión son sensitivos a las combinaciones de la temperatura, presión y velocidad o tiempo de sellado pero ninguno especifica en que rangos se deben de utilizar. Los parámetros óptimos deben de ser determinados por el usuario del equipo de termo-sellado.

Para determinar los parámetros de operación de cualquier proceso, generalmente se debe recurrir al diseño experimental. En un sentido literal, un experimento es una prueba. En una perspectiva más formal, un experimento puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada en un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida. Ha habido cuatro eras del desarrollo moderno del diseño experimental. La era agrícola fue encabezada por el trabajo de Sir Ronald A. Fisher en los años 1920 y principios de la década de 1930. En este periodo, Fisher fue el responsable de las estadísticas y el análisis de datos de la Estación Agrícola Experimental de Rothamsted en las cercanías de Londres, Inglaterra. Fisher se percató de que las fallas en la forma en que se llevaba a cabo el experimento que generaba los datos obstaculizaban con frecuencia el análisis de los datos de los sistemas (en este caso sistemas agrícolas). Mediante la interacción con múltiples científicos e investigadores de diversos campos, Fisher desarrollo las ideas que

llevaron a los tres principios básicos del diseño experimental: la aleatorización, la realización de réplicas y la formación de bloques. Fisher incorporó de manera sistemática el pensamiento y los principios estadísticos en el diseño experimentales, incluyendo el concepto de diseño factorial y el análisis de varianza.

El catalizador de la segunda era, o era industrial, fue el desarrollo de la metodología de superficies de respuesta por parte de Box y Wilson. Estos autores se percataron y explotaron el hecho de que muchos experimentos industriales son fundamentalmente diferentes de sus contrapartes agrícolas en dos sentidos 1) la variable de respuesta puede observarse por lo general (casi) de inmediato y 2) el experimentador puede obtener información pronta y crucial de un pequeño grupo de corridas que puede usarse para planear el siguiente experimento.

El creciente interés de la industria occidental en el mejoramiento de calidad que empezó a finales de la década de 1970 anunció la tercera era del diseño estadístico. El trabajo de Genichi Taguchi tuvo un impacto significativo en el aumento del interés y el uso los experimentos diseñados. Taguchi propugnaba por el uso de experimentos diseñados para lo que determinó el diseño paramétrico robusto, es decir:

- Hacer procesos insensibles a los factores ambientales o de otra índole que son difíciles de controlar.
- Fabricar productos insensibles a la variación transmitida por los componentes.
- Encontrar los niveles de las variables del proceso que obliguen a la media a un valor deseado mientras que al mismo tiempo

se reduzca la variabilidad en torno a este valor.

La época reciente (cuarta era del diseño estadístico) ha incluido un renovado interés general tanto por parte de

investigadores como de profesionales en ejercicio en el diseño estadístico y el desarrollo de varios enfoques nuevos y útiles para los problemas experimentales en el mundo industrial (Montgomery, 2010).

Metodología

En la Figura 2 se despliega la metodología usada en el presente proyecto de investigación.

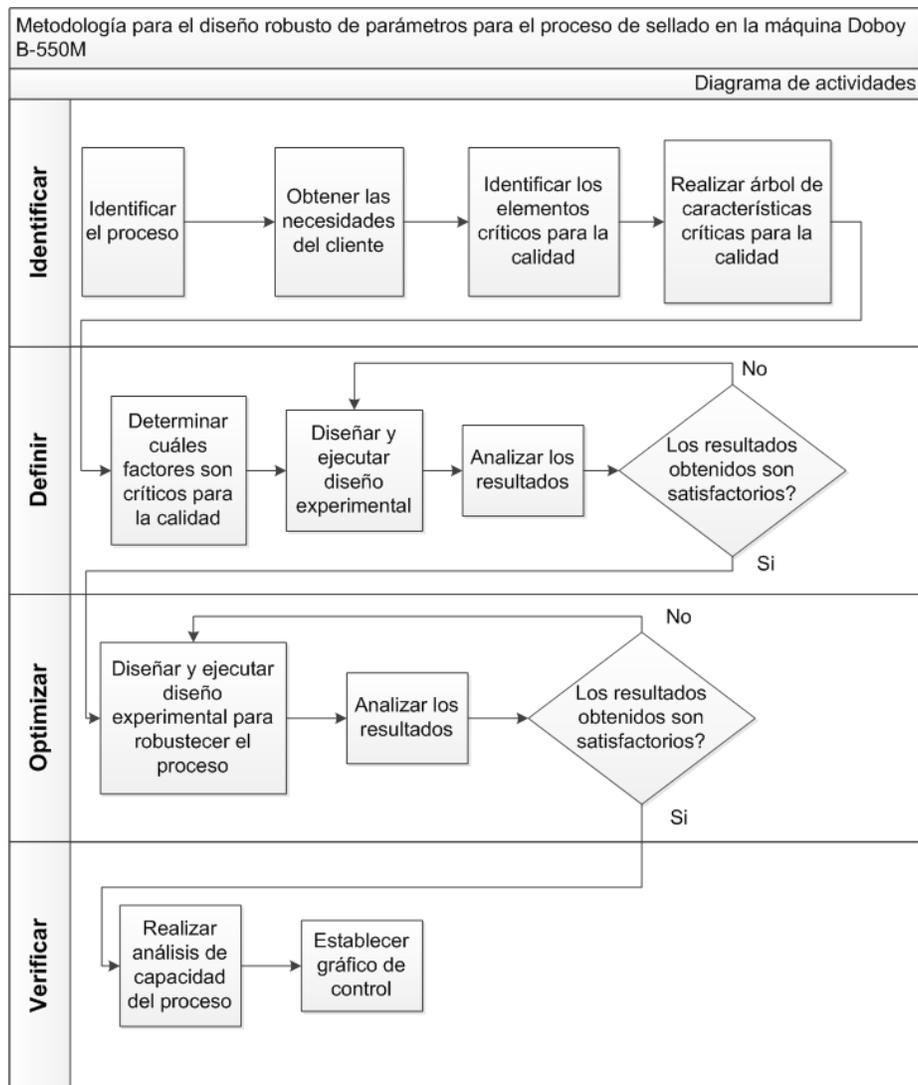


Figura 2. Esquema de la metodología utilizada

Como se puede apreciar la metodología utilizada consta de cuatro fases las cuales son identificar, diseñar, optimizar y verificar, mismas que irán apareciendo en

el desarrollo de este trabajo en la sección de resultados de acuerdo al orden en que se utilizaron.

Resultados

Fase identificar

Los requerimientos considerados Críticos para la Calidad (CTQ) o criterios de

aceptación del proceso a caracterizar se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios de aceptación

Requerimiento	Criterio de aceptación	Estándar de prueba
Valor de rompimiento del área de sellado	$0.75 \text{ lb/in} \leq X \leq 4.0 \text{ lb/in}$	ASTM F 88 (ASTM International, 2009)
Sello continuo y uniforme	<ul style="list-style-type: none"> • Sin canales • Sin quemaduras • Sin delaminación 	ASTM F 1929 (ASTM International, 2012) ASTM F 1886 (ASTM International, 2013)
Capacidad del proceso	$CpK \geq 1.33$	N/A

Fase diseñar

Por recomendación del fabricante de la máquina Doboy® B-550M, la apertura o separación entre las bandas de sellado debe ser de aproximadamente 70 a 80 % del grosor de la pared del material a sellar. Para la realización de este estudio y previa medición del grosor de pared de las bolsas a

utilizar, la apertura se ajustó en ocho (8) milésimas de pulgada.

La prueba de tensión para obtener los valores de rompimiento de este trabajo se realizó con un tensiómetro Instron 4442, siguiendo el estándar ASTM F 88 con el método de 90° sin soporte a una velocidad de 12 in/min, la Figura 3 muestra un ejemplo de esa prueba.

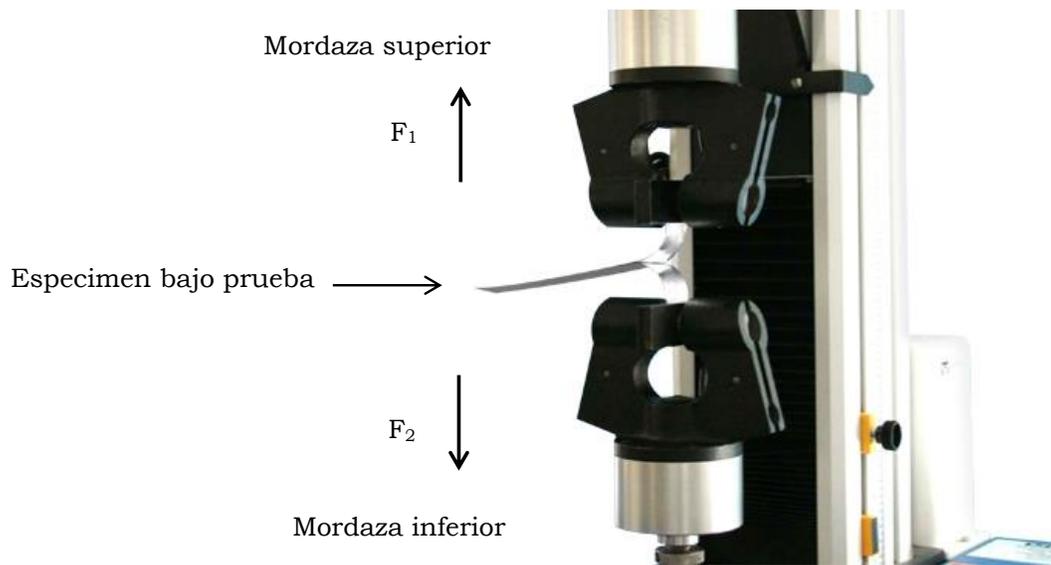


Figura 3: Prueba de tension.

Después de realizar una serie de experimentos preliminares se decidió utilizar la ventana de parámetros y niveles

mostrados en la Tabla 2 para la etapa subsecuente incluyendo puntos centrales.

Tabla 2. Parámetros y niveles de DOE

Factor	Unidades	Nivel 1 (Bajo)	Nivel 2 (Alto)
Temperatura	°F	250	260
Presión	psi	25	30
Velocidad	in/min	335	355

Una vez que se diseñó el experimento y se realizaron las corridas experimentales, se analizaron los resultados

de rompimiento obtenidos los cuales se resumen en la Figura 4.

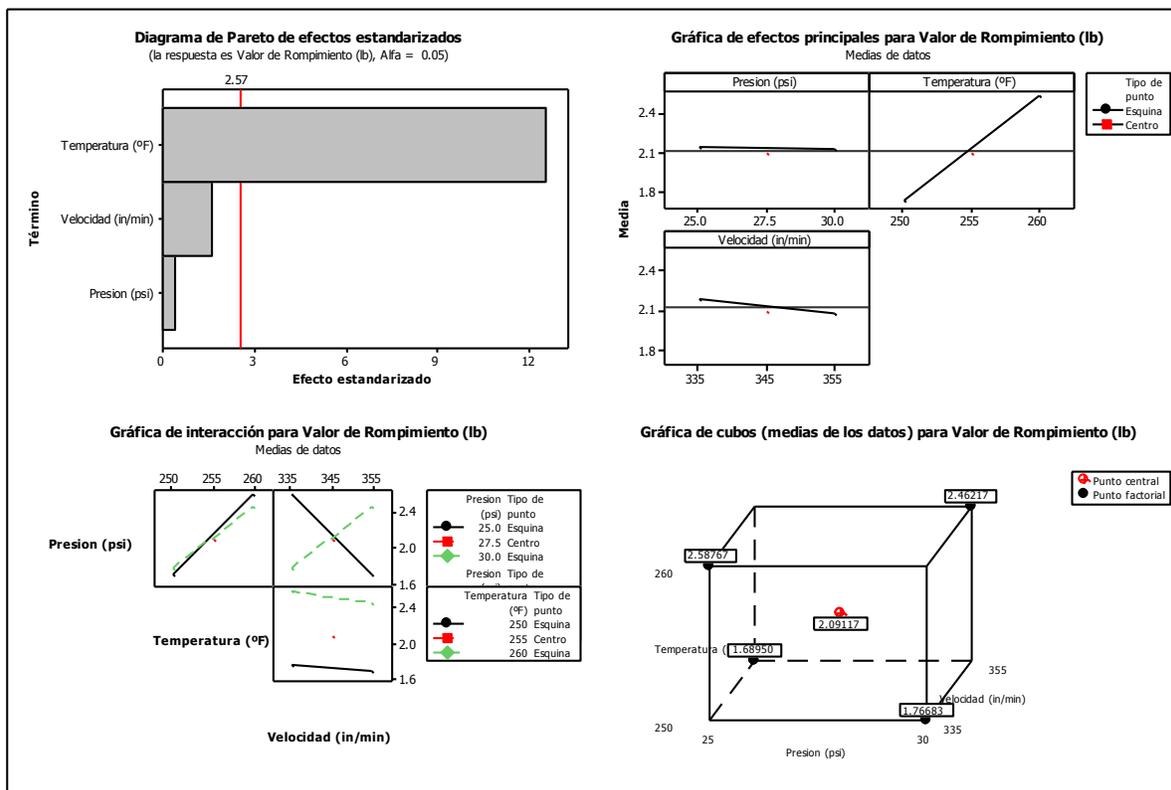


Figura 4. Resumen grafico de las corridas experimentales.

De la Figura 4, se concluye que a los niveles seleccionados el factor significativo para valor de rompimiento es la temperatura. Los factores velocidad y presión a los niveles utilizados no son significativos estadísticamente. El factor que más afecta la media para la variable de respuesta de valor de rompimiento es la temperatura en su nivel alto de 260 °F. La peor combinación de

parámetros a los niveles seleccionados se mantiene y es cuando se tiene una velocidad alta, una temperatura y presión bajas ya que en esa combinación se obtuvo el valor de rompimiento más bajo.

Para confirmar el diseño propuesto se realizaron tres corridas bajo las combinaciones de parámetros mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Combinación de parámetros para corridas de confirmación.

Combinación de parámetros	Factor	Unidades	Nivel	Valor de rompimiento objetivo (lb)
A	Temperatura	°F	250	1.689
	Presión	psi	25	
	Velocidad	in/min	355	
B (nominal)	Temperatura	°F	255	2.091
	Presión	psi	27.5	
	Velocidad	in/min	345	

C	Temperatura	°F	260	2.587
	Presión	psi	25	
	Velocidad	in/min	335	

Una vez que se ejecutaron las corridas de confirmación se procedió a

realizar una prueba T de una muestra para cada combinación.

Tabla 4: Estadístico T de una muestra para combinaciones A, B y C.

T de una muestra: Combinación A							
Prueba de $\mu = 1.689$ vs. $\mu_0 = 1.689$							
				Error estándar de la media	IC de 95%	T	P
Variable	N	Media	Desv.Est.				
Combinación A	40	1.7242	0.1217	0.0192	(1.6853, 1.7631)	1.83	0.075

T de una muestra: Combinación B							
Prueba de $\mu = 2.091$ vs. $\mu_0 = 2.091$							
				Error estándar de la media	IC de 95%	T	P
Variable	N	Media	Desv.Est.				
Combinación B	40	2.1031	0.2688	0.0425	(2.0171, 2.1891)	0.28	0.777

T de una muestra: Combinación C							
Prueba de $\mu = 2.587$ vs. $\mu_0 = 2.587$							
				Error estándar de la media	IC de 95%	T	P
Variable	N	Media	Desv.Est.				
Combinación C	40	2.6180	0.1632	0.0258	(2.5658, 2.6701)	1.20	0.237

De la Tabla 4 se puede concluir que dado que los valores objetivos caen dentro del intervalo de confianza calculados con los valores obtenidos, se da por confirmadas las combinaciones propuestas.

Fase de optimización

Teniendo como base las categorías de ruido según Taguchi, en este estudio el ruido a analizar es interno ya que la variación se presenta de unidad a unidad.

Las bolsas que fueron selladas en la máquina DOBOY® B-550M además de presentar variación en el grosor de la pared de las filminas que las componen, también varían en el ancho de las mismas.

La Tabla 5 muestra el compendio de los factores y niveles que fueron utilizados para el desarrollo de esta fase del proyecto incluyendo su clasificación.

Tabla 5. Factores para diseño de experimentos aplicando el método Taguchi

Clasificación del factor	Factor	Nivel Bajo	Nivel Nominal	Nivel Alto	Unidades
Fijo	Separación de bandas de sellado	N/A	0.008	N/A	in
Controlable	Temperatura	250	255	260	°F
	Presión	25	27.5	30	psi
	Velocidad	335	345	355	in/min
Ruido	Grosor de la bolsa	0.009	0.010	0.011	in
	Ancho de la bolsa	3	4	5.75	in

Se decidió utilizar un arreglo ortogonal L₉ para los factores de control y uno similar para los factores de ruido; con lo que el diseño resultante tuvo 81 corridas a

nivel proceso. El diseño y los valores de la experimentación además del análisis experimental se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Diseño experimental, valores y análisis obtenidos.

Factores de Ruido		Ancho	3"	3"	3"	4"	4"	4"	5.75"	5.75"	5.75"			
		Grosor de pared	0.009	0.01	0.011	0.009	0.01	0.011	0.009	0.01	0.011			
Factores Controlables			Lecturas obtenidas											
Temperatura	Presión	Velocidad	Ruido 1	Ruido 2	Ruido 3	Ruido 4	Ruido 5	Ruido 6	Ruido 7	Ruido 8	Ruido 9	RELSR1	DEST1	MEDIA1
250	25	335	1.246	1.216	1.815	1.552	1.678	1.726	1.968	1.305	1.361	15.0679	0.2719	1.5408
250	27.5	345	1.420	1.659	1.587	1.670	1.391	1.742	1.240	1.498	1.909	17.7378	0.2035	1.5684
250	30	355	1.364	1.163	1.815	1.557	1.921	1.552	1.409	1.399	1.294	15.7661	0.2438	1.4971
255	25	345	1.672	1.968	2.000	1.621	1.699	2.054	1.509	1.413	1.930	17.6175	0.2319	1.7629
255	27.5	355	1.774	1.710	2.000	2.285	2.105	1.828	1.667	1.847	1.742	19.2543	0.2053	1.8842
255	30	335	1.729	1.799	1.750	2.239	1.844	1.898	2.140	1.938	1.957	20.9361	0.1725	1.9216
260	25	355	2.046	1.791	1.729	2.403	1.952	1.957	2.035	1.844	1.898	19.9903	0.1964	1.9617
260	27.5	335	2.483	2.212	2.405	2.051	2.652	2.424	2.489	2.046	2.306	21.1195	0.2058	2.3409
260	30	345	2.158	2.481	2.429	2.231	1.987	2.349	2.499	2.378	2.556	22.0909	0.1840	2.3409

La Tabla 7 muestra las respuestas para las relaciones de señal a ruido, medias y desviaciones estándar las cuales fueron

calculadas con base en los datos contenidos en la Tabla 6.

Tabla 7. Respuesta para relaciones de señal a ruido, medias y desviaciones estándar.

Tabla de respuesta para relaciones de señal a ruido			
Nominal es lo mejor ($10 \cdot \log_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$)			
Nivel	Temperatura	Presión	Velocidad
1	16.19	17.56	19.04
2	19.27	19.37	19.15
3	21.07	19.60	18.34
Delta	4.88	2.04	0.81
Clasificar	1	2	3
Tabla de respuesta para medias			
Nivel	Temperatura	Presión	Velocidad
1	1.535	1.755	1.934
2	1.856	1.931	1.891
3	2.214	1.920	1.781
Delta	0.679	0.176	0.153
Clasificar	1	2	3
Tabla de respuesta para desviaciones estándar			
Nivel	Temperatura	Presión	Velocidad
1	0.2397	0.2334	0.2167
2	0.2033	0.2049	0.2065
3	0.1954	0.2001	0.2152
Delta	0.0443	0.0333	0.0102
Clasificar	1	2	3

Una vez que se obtuvieron las respuestas se seleccionaron los valores de los parámetros óptimos.

De la Tabla 7 se seleccionó el nivel de cada factor con el que se obtuvo el valor más alto para la relación Señal/Ruido.

Tabla 8. Combinación óptima de niveles.

Factores controlables	Nivel seleccionado
Temperatura	260 °F
Presión	30 psi
Velocidad	345 in/min

Tabla 9. Factores controlables diseño original (combinación B o nominal).

Factores controlables	Nivel seleccionado
Temperatura	255 °F
Presión	27.5 psi
Velocidad	345 in/min

Una vez que se llevó a cabo la selección de parámetros, se desarrolló la etapa de predicciones y posteriormente se procedió a realizar las corridas de confirmación. Se realizaron dos replicas para la combinación robusta encontrada (Tabla 8) y para la combinación

original/nominal (Tabla 9) y se compararon para confirmar la ganancia. Para el diseño y corrida de confirmación el parámetro de velocidad se mantuvo fijo a 345 in/min ya que en ambos casos (diseño original y diseño robusto) ese nivel fue el requerido.

Tabla 10. Diseño y valores de corrida de confirmación.

Factores de Ruido	Ancho	3"	3"	3"	4"	4"	4"	5.75"	5.75"	5.75"			
	Grosor de pared	0.009	0.01	0.011	0.009	0.01	0.011	0.009	0.01	0.011			
Factores controlables		Lecturas obtenidas											
Temperatura	Presión	Ruido 1	Ruido 2	Ruido 3	Ruido 4	Ruido 5	Ruido 6	Ruido 7	Ruido 8	Ruido 9	RELSR1	DEST1	MEDIA1
255	27.5	1.817	1.962	1.89	1.718	1.777	1.493	2.027	1.557	2.048	19.308	0.196	1.80989
260	30	2.137	2.244	2.36	1.992	2.142	1.936	2.228	2.507	2.236	21.995	0.1747	2.198

Tabla 11. Ganancias de corrida de confirmación.

	S/R	Media	Desviación Estándar
Diseño Original	19.308	1.8098	0.196
Diseño Robusto	21.995	2.198	0.1747
Ganancia	2.687 db	--	--

La Tabla 11 muestra que con la corrida de confirmación se obtuvo una ganancia equivalente al 25 % en la reducción de la variabilidad. Los cálculos fueron realizados en base a los valores de la corrida de confirmación mostrados en la Tabla 10.

Etapa de verificación

Para efectos de verificar el diseño propuesto, se corrieron muestras en condición de parámetros nominales (diseño original) y algunas muestras más en condición de parámetros óptimos y se realizaron las pruebas correspondientes siguiendo la guías ASTM F 88, ASTM F 1929 y ASTM F 1886. Los resultados obtenidos de las inspecciones se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Resumen de resultados.

Requerimiento	Criterio de aceptación	Estándar de prueba	Resultado
Valor de rompimiento del área de sellado	$0.75 \text{ lb/in} \leq X \leq 4.0 \text{ lb/in}$	ASTM F 88	$2.03 \text{ lb/in} \leq X \leq 2.20 \text{ lb/in}$
Sello continuo y uniforme	<ul style="list-style-type: none"> Sin canales Sin quemaduras Sin delaminación 	ASTM F 1929 ASTM F 1886	No se detectaron defectos durante la verificación del proceso
Capacidad del proceso	$CpK \geq 1.33$	N/A	9.57

Conclusiones

Con el seguimiento a la metodología planteada y la utilización del diseño experimental se logró determinar una combinación de parámetros de sellado de la maquina Doboy® B-550M, que permita absorber la variación del grosor del material de bolsas de material Tyvek® - PET de 3, 4 y 5.75 pulgadas de ancho.

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que la ventana de operación propuesta para los factores temperatura (255 ± 5 °F), presión (27.5 ± 2.5 psi) y velocidad (345 ± 10 in/min) aseguran un valor de rompimiento dentro del rango

objetivo de 0.75 – 4.0 lb y en consecuencia la integridad en el área de sellado en cualquiera de sus combinaciones.

La combinación que se recomienda utilizar en la máquina Doboy® B-550M para el sellado de bolsas Tyvek® 1073B – PET y obtener un proceso robusto es con una temperatura de 260 °F, una presión de 30 psi y una velocidad de 345 in/min ya que eso permite una disminución en la variación de los valores de rompimiento ocasionada por la variación de los componentes (ancho de la bolsa y grosor de la pared de las filminas).

Referencias

ASTM International. (2009). ASTM F88 / F88M - 09: Standard Test Method for Seal Strength of Flexible Barrier Materials. ASTM International. Pensilvania.

ASTM International. (2012). ASTM F1929 - 12: Standard Test Method for Detecting Seal Leaks in Porous Medical Packaging by Dye Penetration. ASTM International. Pensilvania.

ASTM International. (2013). ASTM F1886 / F1886M-09(2013) Standard Test Method for Determining Integrity of Seals for Flexible Packaging by Visual Inspection. ASTM International. Pensilvania.

Franks, S., & Barcan, D. (1 de Agosto de 1999). Comparing Tensile and Inflation Seal-Strength Tests for Medical Pouches. (Medical Device & Diagnostic Industry) Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de <http://www.mddionline.com/article/comparing-tensile-and-inflation-seal-strength-tests-medical-pouches>

German Society for Sterile Supply. (2012). Guideline for the validation of packaging processes

according to ISO 11607-2. Tübingen, Alemania: mhp Verlag GmbH.

Kutz, M. (2003). Standard Handbook of Biomedical Engineering & Design. Chicago: McGraw-Hill.

Mays, P. (2008). Seal strength models for medical device trays. College Station: Texas A&M University.

Meka, P., & Stehling, F. (1994). Heat sealing of semicrystalline polymer films. Journal of Applied Polymer Science(51), 89-103.

Montgomery, D. C. (2010). Diseño y Análisis de Experimentos. Arizona: Limusa Wiley.

Robertson, G. L. (2013). Food Packaging: Principles and Practice. Boca Raton, Florida, Estados Unidos de Norte America: Taylor & Francis Group.

Theller, H. (1989). Heatsealability of flexible web materials in hot-bar sealing application. Journal of Plastic Film and Sheeting, 5, 66-93.

Troughton, M. J. (2008). Handbook of plastics joining: A Practical Guide. New York: TWI.

El uso de la tecnología ZigBee y el suministro del agua potable

Julieta Royval Bustillos¹, Juan Hernández¹, Rene Saucedo Silva¹, Valente Barrón¹, Óscar Ruiz Chávez¹, Susana Alonso López¹

Resumen

El objetivo del presente trabajo consiste en dar a conocer a la comunidad universitaria, autoridades y a la población en general la existencia de una tecnología denominada ZigBee para la automatización y la medición del suministro de agua potable, así como la detección de fugas en la red en tiempo real.

Palabras clave: ZigBee, automatización, agua potable.

Introducción

Como parte del evento denominado Seminario del Agua que viene realizándose por más de diez años consecutivos en el Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y cuyo objetivo (comunicado 2014B/099, 2014) es difundir los diversos estudios sobre el agua, como su uso, conservación y medio ambiente que realizan principalmente los docentes de esta Institución.

En estos eventos se han dado a conocer la diversa problemática con respecto a la sobreexplotación y uso indiscriminado del agua ya sea en el ámbito doméstico, público e industrial, así surge la siguiente pregunta ¿Qué podemos hacer para explotar adecuadamente este recurso natural?. Sin lugar a duda, es el más importante para cualquier ser viviente sobre la faz de la tierra, esto nos condujo a indagar sobre tecnologías que puedan coadyuvar al

buen uso del agua, además de adentrarnos al mundo de la aplicación de la tecnología ZigBee.

Zigbee sin ser creado específicamente para este fin, es susceptible de ser utilizado para la automatización y medición del suministro de agua potable en redes domésticas.

Este trabajo pretende dar a conocer la tecnología ZigBee para el fin antes descrito y a su vez proponer una alternativa mediante el uso de ZigBee para crear certeza en el cobro del consumo de agua en todos los hogares, así mismo mediante el monitoreo y en la medida de lo posible, la reparación de desperfectos que conducen a fugas de agua, ya que esta tecnología puede detectar las mismas en tiempo real sin necesidad de reporte alguno y como beneficio adicional, de concientizar al usuario del valor real del vital líquido.

Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada ya que se proponen programas de

innovación tecnológica, así mismo da a conocer alternativas de solución a eventos

¹Departamento Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

La presente investigación es de tipo aplicada ya que se proponen programas de innovación tecnológica, así mismo da a conocer alternativas de solución a eventos cotidianos de nuestro entorno. Su diseño es descriptivo ya que nos permite explicar las propiedades y características de una innovación tecnológica y finalmente aplicarla.

Es un diseño de corte cualitativo exploratorio documental debido a que se consultó bibliografía al respecto proveniente de revistas, Internet, artículos, manuales e información proveniente de los medios de comunicación.

¿Qué es la tecnología ZigBee?

Según Ortúzar (2010) ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones para redes Wireless que requieran comunicaciones seguras y fiables con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

El término de ZigBee debe su nombre a que el sistema de comunicación empleado es muy parecido al movimiento en zigzag que utilizan las abejas para comunicarse (Alfaro García, s.f). Es decir, ZigBee trata de emular la coordinación de la comunicación y actividad de distintos individuos para poder actuar en conjunto para tareas más complejas.

Algunas características del protocolo ZigBee (Durán Acevedo, 2012) son:

- ZigBee opera en las bandas libres ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 2.4 GHz, en la frecuencia de 868 MHz en Europa y 915 MHz en Estados Unidos.
- Tiene una velocidad de transmisión de 250 Kbps y un rango de cobertura de 10 a 300 metros.

- Es de bajo costo por ser un protocolo simple.
- El consumo de potencia es muy bajo en el momento de transmitir y recibir datos.
- Cada red ZigBee tiene un identificador de red único, lo que permite que coexistan varias redes en un mismo canal de comunicación.
- Es un protocolo de comunicación multi-salto, es decir, que se puede establecer comunicación entre dos nodos, aun cuando estos se encuentren fuera del rango de transmisión, siempre y cuando existan otros nodos intermedios que los interconecten. De esta manera se incrementa el área de cobertura de la red.
- Su topología de malla (mesh) permite a la red auto recuperarse de problemas en la comunicación, aumentando su confiabilidad.

ZigBee es impulsado por ZigBee Alliance, un grupo de empresas, la mayoría fabricantes de semiconductores, que trabajan de manera conjunta en el desarrollo de este protocolo para aplicaciones comerciales e industriales de baja tasa de transferencia de datos y conectividad simple, teniendo en mente el uso de baterías en los dispositivos.

La propuesta incluye la medición del caudal de agua en los contadores,

empleando un sensor de efecto hall que ofrece alto grado de exactitud; así como brindar la posibilidad de generar una señal en caso de ausencia de agua.

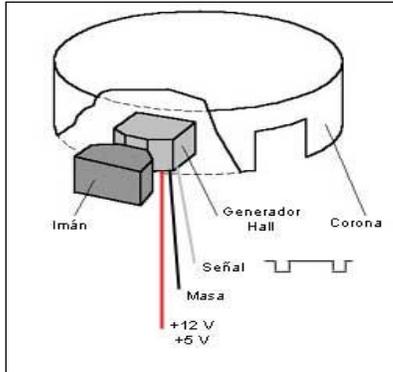


Figura 1. Sensor Hall.

La figura 1 muestra la imagen del sensor Hall cuya función es detectar la aparición de un campo eléctrico en un conductor cuando es atravesado por un campo magnético. A este campo eléctrico se le denomina campo Hall, el efecto Hall es llamado así en honor a su descubridor el físico estadounidense Eddwin Duntey Hall. (Escobar Contreras, 2013).

Igualmente se emplea una red GPRS cuyas siglas en inglés significan General Packet Radio Service o servicio general de paquetes vía radio, para enviar toda la información a un centro de control. La unión del sensor con la red GPRS se realiza empleando la tecnología ZigBee.

Propuesta de diseño

El sensor de efecto Hall detecta la variación del campo magnético de un imán, que se produce cuando este último gira por la acción del flujo de agua a través de la tubería de entrada a la residencia. Entre más flujo haya, mayor será la velocidad de giro.

El sensor produce una señal de voltaje que cambia proporcionalmente con la variación del campo magnético que a su vez depende de la rapidez con que gira el imán; este hecho, ligado a la velocidad del agua a través de la tubería, se puede interpretar finalmente como la variación en el caudal de agua de entrada a la residencia.

Esta señal de voltaje entra a un sistema microcontrolado que acondiciona la señal (que incluye conversión de la señal analógica a una digital) y se la entrega al módulo ZigBee.

El módulo ZigBee se comunica con su coordinador (ya sea directamente o a través de otros módulos) enviándole

información sobre el usuario al que representa.

El coordinador a través de la red GPRS se comunica con el centro de control quien recibe los datos, los interpreta y toma las acciones del caso, que pueden ir desde tasación cotidiana hasta generación de alarmas o alertas por fallas en la presión de agua, entre otras.

Se plantea que el tiempo de detección de fallas por el Centro de Control, sea del orden de los milisegundos.

En la figura 2, se presenta el esquema de conexión de los módulos ZigBee para esta aplicación. (Cháves Osorio, 2008).

En el Centro de Control se miden los consumos individuales de cada usuario, y además siempre se tiene continuo monitoreo de detección de cualquier tipo de falla como pueden ser: tubos averiados o que tengan escape de agua, así como distribución poco

equitativa de caudal a los usuarios, entre

otras.

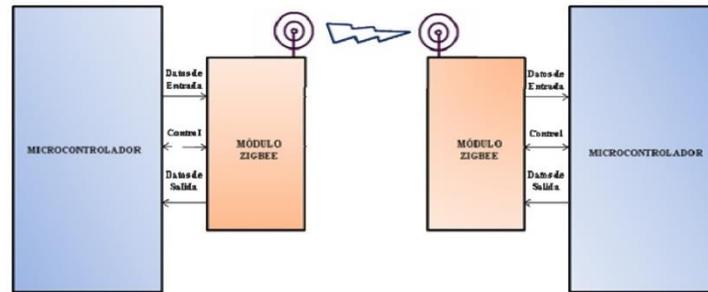


Figura 2. Esquema de conexión de módulo ZigBee.

El sistema presentado en la aplicación de Zigbee se consigue en el mercado desagregado, es decir, cada etapa por separado, de hecho se pueden generar altos costos en su implementación; sin embargo una masificación del producto justificaría la inversión. La introducción de ZigBee no acabará con otras tecnologías inalámbricas ya consolidadas, como Wi-Fi y Bluetooth, sino que convivirá con ellas y encontrará sus propios nichos de mercado. La propuesta presentada podría implementarse a bajo costo si realiza de manera masiva; a través de un sencillo análisis se observa que pueden manejarse más de 250 usuarios por cada coordinador ZigBee.

La figura 3 expresa gráficamente las utilidades más comunes de la tecnología ZigBee (García, 2007).



Figura 3. Aplicaciones de la Tecnología ZigBee.

Resultados y Conclusiones

Los problemas en la explotación del agua son diversos y se requiere de un gran esfuerzo para lograr resolverlos, con la simple observación de nuestro entorno, podemos apreciar el diario vivir el uso inadecuado de la misma y la intervención de diversos factores que contribuyen a su uso inadecuado.

Sin querer ser pretensiosos y al estar conscientes de que la aplicación de esta tecnología, no nos llevará a una solución total. Pero el uso de la misma puede

coadyuvar a disminuir de forma significativa este problema.

La realización de este trabajo nos dotó de conocimientos respecto a las tecnologías inalámbricas, relativamente de reciente creación y con un futuro prometedor poco explotadas en nuestro país pero con mayor futuro en la vida cotidiana en especial la tecnología Zigbee.

El detectar las fugas de agua en tiempo real sin esperar el reporte de un

usuario, como se hace actualmente, evitaría en un alto porcentaje el desperdicio del vital líquido y no solo eso sino que ayudaría a optimizar recursos públicos para subsanar otras necesidades de la población.

El presente estudio nos llevó a conocer las ventajas del ZigBee como dispositivo para medición del caudal de agua potable, sus más importantes ventajas mismas que a continuación enumeramos:

- Ideal para conexiones punto a punto y punto a multipunto
- Opera en la banda libre de ISM 2.4 Ghz para conexiones inalámbricas.
- Óptimo para redes de baja tasa de transferencia de datos.
- Alojamiento de 16 bits a 64 bits de dirección extendida.
- Reduce tiempos de espera en el envío y recepción de paquetes.

- Detección de Energía (ED).
- Baja ciclo de trabajo - Proporciona larga duración de la batería.
- Soporte para múltiples topologías de red: Estática, dinámica, estrella y malla.
- Hasta 65.000 nodos en una red.
- 128-bit AES de cifrado - Provee conexiones seguras entre dispositivos.
- Son más baratos y de construcción más sencilla

Ponemos sobre la mesa este trabajo y esperamos sea tomado en cuenta como una alternativa para optimizar el uso y explotación del agua potable. Sin embargo queda la siguiente interrogante ¿algún gobierno de índole federal, estatal o municipal estaría dispuesto a implementar esta tecnología?

Referencias

Alfaro García, T. (s.f.). Instituto Tecnológico de Morelia, ZigBee, consultado en: <http://antares.itmorelia.edu.mx/~talvaro/Materias/Tecnologias/ZIGBEE.pdf>

Chárez Osorio, J. A. (2008). Revista Scientia et Technica, año XIV, No. 39, septiembre 2008, consultado en: revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3151/1913.

UACJ (2014). Comunicado 2014B/099 (septiembre 2014) publicado en: <http://www.uacj.mx/comunicacion/Documents/2014B%20099%20Seminaro%20del%20agua.doc>.

Durán Acevedo, C. (2012). artículo automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología ZigBee, Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, mayo 2012, Pág. 37. Consultado en: <http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaII>

G/home_40/recursos/04_v19_24/revista_20/05112012/05.pdf

Escobar Contreras, C. (2013). Sensores efecto Hall. consultado en: https://prezi.com/j8n8j_gljqcx/sensores-efecto-hall/

García G. Christian, Revista SG Software Guru, Chile, 2007. Consultado en: <http://sg.com.mx/content/view/310>

Ortúzar. M. Á. (2010) Informe de proyecto redes de computadores I, ZegBee comunicación inalámbrica de bajo costo y bajo consumo, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, 2010. Consultado en: <https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=definicion%20de%20zigbee>

Hembra poodle con diarrea frecuente

Víctor Manuel Alonso Mendoza¹, Beatriz Alvarado Robles¹

Resumen

Las características clínico-patológicas de una hembra canina son descritas. Se presenta a consulta una perrita de raza Poodle de 2 meses de edad con depresión y diarrea frecuente de característica sanguinolenta. Un examen físico fue realizado, seguido por un análisis sanguíneo y urinario. Aunado a los análisis, la perrita presenta una evacuación sanguinolenta destacando la presencia de un fragmento de parásito. Después de un análisis para determinar el tipo de parásito para su subsecuente eliminación. Se determinó que el parásito era un *Dipylidium caninum*, el cual es un parásito pequeño (20 a 75 cm de longitud).

Palabras clave: Gastroenteritis, *Dipylidium caninum*.

Introducción

Dipylidium caninum es un parásito relativamente pequeño que llega a medir de 20 a 75 centímetros de longitud por unos 2 a 3 mm de ancho.

Su escólex es pequeño, retráctil, rodeado de cuatro coronas de ganchos en forma de “espinas de rosa” y cuatro ventosas elípticas.

Cada proglótido tiene dos pares de órganos genitales, el ovario y la glándula vitelaria forman una masa a cada lado semejando racimos de uva.

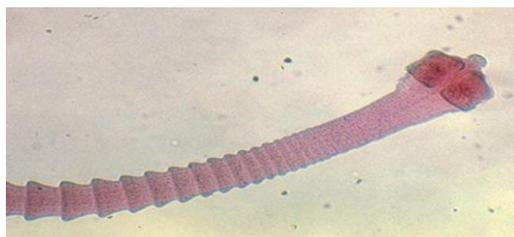


Figura 1. *Dipylidium caninum*.

Los proglótidos recién eliminados en las heces se asemejan a semillas de pepino,

calabaza o granos de arroz. También pueden confundirse con larvas de mosca.

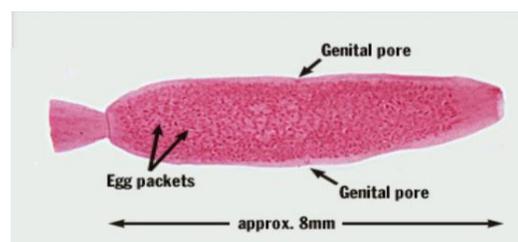


Figura 2. Características de *Dipylidium caninum*.

Son termolábiles sensibles a la desecación. El parásito adulto se localiza en el intestino delgado de los perros y los gatos, siendo los hospederos intermediarios las pulgas de las especies *Ctenocephalides canis*, *C. felix*, *Pulex irritans* y el piojo del perro, *Trichodectes canis*, en los que se libera la oncosfera y se desarrolla el cisticercoide (larva) que es la forma infectante. El hospedero vertebrado adquiere la infección al ingerir los insectos que contienen el cisticercoide (generalmente consecuente con la ingestión de pulgas infectadas).

¹Instituto de Ciencias Biomedicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Métodos y Resultados

Se presenta a consulta una perrita de raza Poodle (figura 3) de 2 meses de edad con depresión y diarrea frecuente de características sanguinolenta.



Figura 3. Flypi.

Reseña:

Nombre.- FLYPI
Especie.- Perro Doméstico
Raza.- Poodle
Sexo.- Hembra
Edad.- 2 meses

Anamnesis:

Flypi es llevada al veterinario debido a que ha presentado diarrea sanguinolenta frecuente y el propietario reporta que no ha iniciado con el calendario de vacunación y desparasitación.

La perrita fue adquirida en una venta en el estacionamiento de un centro comercial.

Su alimentación es con alimento comercial (peligro puppy) pero ha dejado de comer.

Examen físico:

Actitud.- Depresión.

Estado general: Bueno.

Mucosas: Pálidas

Temperatura rectal: 38.6 °C

Frecuencia cardiaca= 120/m

Tiempo de llenado capilar = 3.0 s

Linfonodos superficiales = Retrofaringeos aumentados de tamaño, de forma y consistencia normales y sin dolor a la palpación.

Deshidratación: 8%

Lista de problemas

- 1.- Diarrea sanguinolenta
- 2.- Deshidratación
- 3.- Palidez de mucosas.
- 4.- Depresión

Posibilidades diagnósticas y sus hallazgos en diferentes determinaciones

Gastroenteritis viral

Gastroenteritis bacteriana

Gastroenteritis parasitaria

Enfermedad inflamatoria del intestino delgado (EII).

Hallazgos que podemos encontrar en las diferentes determinaciones clínicas.

Gastroenteritis viral.

Hemograma: Las alteraciones más comunes en el incluyen la presencia de

Anemia de marginal a moderada probable leucopenia e hipoproteinemia.

Trombocitopenia.

Perfil bioquímico: Podemos encontrar hiperazoemia prerenal, acidosis metabólica.

General de orina: Sin cambios relevantes.

Gastroenteritis hemorrágica (bacteriana).

Hemograma: Presencia de una policitemia relativa con proteínas totales normales o elevadas.

Probable leucocitosis con neutrofilia con o sin desviación a la izquierda, monocitosis y linfopenia.

Perfil bioquímico: Podemos encontrar una hiperazotemia de origen prerenal.

Acidosis metabólica, hiponatremia e hipocloremia.

General de orina: Sin cambios relevantes.

Gastroenteritis parasitaria

Hemograma: Puede estar presente una anemia marginal, una policitemia relativa.

Leucocitosis con neutrofilia, eosinofilia. Puede estar presente una hipoproteinemia.

Perfil bioquímico: Sin cambios relevantes, probable hiperazotemia prerenal, hipoproteinemia.

General de orina: Sin cambios relevantes.

Se procede a tomar diferentes muestras para enviar al laboratorio de Patología Clínica Veterinaria:

Pruebas solicitadas; Hemograma, Bioquímica completa, coproparasitoscópico, general de orina y prueba para Parvovirus Snap de Idexx.

Tabla 1. Resultados obtenidos: hemograma.

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATÓCRITO	0.30	L/L	0.37-0.55
HEMOBLOBINA	95	g/L	120-180
ERITROCITOS	4.7	X10 ¹² /L	5.5-8.5
VGM	81	fL	60-77
CGMH	315	g/L	320-360
RETICULOCITOS	75	X10 ⁹ /L	<60
PLAQUETAS	190	X10 ⁹ /L	200-900
PROTEÍNAS T.	58	g/L	60-75
LEUCOCITOS	12.5	X10 ⁹ /L	6.0-17.0
NEUTRÓFILOS	8.2	X10 ⁹ /L	3.0-11.5
BANDAS	0.0	X10 ⁹ /L	0-0.3
LINFOCITOS	1.3	X10 ⁹ /L	1.0-4.8
MONOCITOS	1.8	X10 ⁹ /L	0.1-1.4
EOSINOFILOS	1.2	X10 ⁹ /L	0.0-0.9

INTERPRETACIÓN: Presencia de una anemia macrocítica hipocrómica (regenerativa), con una ligera eosinofilia y monocitosis que nos indican la existencia de un proceso inflamatorio obligándonos a descartar la presencia de parasitosis. Hipoproteinemia.

Tabla 2. Resultados obtenidos: perfil bioquímico.

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	REFERENCIAS
GLUCOSA	4.2	mmol/L	3.38-6.88
UREA	6.8	mmol/L	2.09-7.91
CREATININA	122	□mol/L	60-126
COLESTEROL	5.5	mmol/L	2.85-7.76
BILIRRUBINA TOTAL	3.8	□mol/L	<5.16
BILIRRUBINA CONJUGADA	1.73		
ALT	33	U/L	4.0-70
AST	16	U/L	12.0-55
FOSFATASA ALCALINA	313	U/L	6-189
CK	80	U/L	<213
PROTEÍNAS TOTALES	54	g/L	56.6-74.8
ALBÚMINA	24	g/L	29.1-39.7
GLOBULINAS	30	g/L	23.5-39.1
CALCIO	2.2	mmol/L	2.27-2.91
FÓSFORO	1.2	mmol/L	0.75-1.70
POTASIO	4.1	mmol/L	3.82-5.34
SODIO	138	mmol/L	141-153
COLORO	111	mmol/L	108-117

INTERPRETACIÓN: Presencia de una hipoproteinemia/hipoalbuminemia. Una hipocalcemia probablemente por la hipoalbuminemia. Una hiponatremia debida principalmente a la diarrea y la presencia de la elevación de la Fosfatasa alcalina corresponde principalmente a la actividad osteogénica del animal en crecimiento.

Examen general de orina:

Interpretación: Sin cambios significativos

Coproparasitoscópico:

Se realizó la técnica de flotación de una muestra de excremento con el resultado negativo.

Flypi se queda internada con una terapia de fluidos de sostén y es tratada sintomáticamente. En uno de los momentos de medicación, al subir a la mesa, presenta una evacuación sanguinolenta destacando la presencia de un fragmento de parásito.



Figura 4. Evacuación de un fragment del parásito.

Se procede a tomar un proglótido del parásito para llevar a cabo la maceración del mismo para la observación de huevecillos.

Posteriormente se observa el parásito en el microscopio estereoscópico para identificar sus características (figura 5).

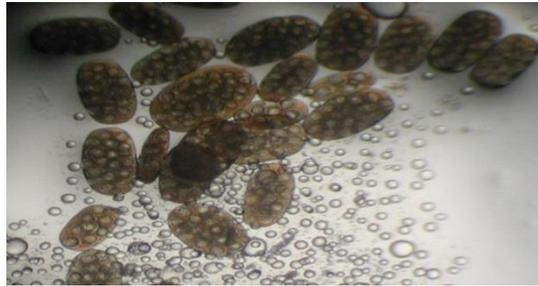


Figura 5. Característica del paquete de huevos de *Dipylidium caninum*. Presente en los segmentos grávidos. Cada paquete llega a contener de 8 a 15 huevos esféricos de 30-40 μm . Tienen en su interior, un embrión hexacanto.

El diagnóstico final:

Dipilidiasis canina (infestación por *Dipylidium caninum*)

Conclusión

El hombre es hospedero accidental y se infecta al ingerir al hospedero intermediario, produciendo una infección generalmente asintomática, llegando a presentar signos y síntomas inespecíficos como anorexia, dolor epigástrico, distensión

abdominal, diarrea, meteorismo e irritabilidad y en ocasiones urticaria.

Son los niños por su estrecha relación con las mascotas los que se ven más afectados por esta parasitosis.

Referencias

Burkhard M., Clinical pathology and diagnostic testing, an issue of veterinary clinics, Elsevier, 2013.

Ettinger S., Feldman E., Tratado de Medicina Interna Veterinaria, Enfermedades del perro y el gato, Elsevier, 6ta ed., España, 2007.

Greene C., Enfermedades infecciosas en Perros y Gatos, 2da ed., McGraw-Hill Interamericana, México, 2000

Hall E., Murphy K., Darke P., Notas de Medicina Interna Canina, 3ra ed., Acribia, España, 2006

Hendrix Charles., Laboratory Procedures for Veterinary Technicians, fourth ed., Mosby, EU, 2002.

Manual de Parasitología, Universidad Nacional Autónoma de México, FMVZ, Dpto. de parasitología.

Quiroz, Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos, Limusa Noriega editores, México, 2005.

Sharkey L., Manual of veterinary clinical chemistry; a case study approach. Teton Newmedia, EU, 2010.

Tompson M., Small animal medical differential diagnosis, Saunders, 2013.

Villiers E., Blackwood L., BSAVA Canine and Feline Clinical Pathology, British Small Animal Veterinary Association, England, 2005.

Importancia de la patología clínica veterinaria en el perfil de egreso del médico veterinario zootecnista bajo el enfoque de competencias

Beatriz Alvarado Robles¹, Víctor Manuel Alonso Mendoza¹

Muchos autores han definido al perfil de egreso y al perfil profesional desde diferentes perspectivas. Para algunos, el perfil profesional y el perfil de egreso son dos conceptos totalmente diferentes. Para otros, son conceptos que se pueden usar indistintamente. Por ejemplo, Glazman (1994), señala que el perfil de egreso se compone del perfil profesional y del perfil académico, es decir, el perfil profesional es solo un componente más del perfil de egreso. Por el contrario para Díaz Barriga, existe una similitud en ambos conceptos y en su lugar, propone utilizar el término práctica profesional.

Esta diferencia en el uso del concepto de perfil de egreso se debe a la perspectiva teórica metodológica con que se diseña el currículo escolar.

En este sentido, desde Junio de 1996, en el ámbito de la Asociación Mexicana de Escuelas y Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia (MVZ), se han realizado trabajos constantes relacionados con la innovación curricular, se editó en 1998 un documento “Análisis de los diseños curriculares de la carrera de MVZ”.

Como resultado de las Reuniones y Acuerdos del Comité de Homologación de planes de estudio de COPEVET (Consejo Panamericano de Educación de las Ciencias Veterinarias) se acordó definir el Perfil, como: “el conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas que un título certifica” y se acuerda que en él se deben considerar no sólo variables propias del país, sino las de orden Internacional.

Para Latinoamérica se definió como Perfil del Médico Veterinario a “un profesional que, en función del mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo humano sustentable, tenga un espíritu ético, científico y humanístico y sea capaz de ejecutar acciones tendientes a la previsión, planificación y resolución de problemas planteados en los diferentes ámbitos de la realidad sociocultural nacional e internacional, con relación a todo lo que directa o indirectamente esté relacionado con las especies animales y su relación con el humano. Con conocimientos fundamentales que abarquen los ámbitos de las Ciencias Veterinarias y competencia técnica mayor en sectores específicos.

Si bien, la globalización nos presenta diferentes retos, como la sustentabilidad, bioseguridad, biodiversidad, etología y bienestar animal obligándonos a desarrollar los mecanismos formativos que garanticen que el futuro profesionista, adquiera los conocimientos que le permitan desarrollarse de una manera eficiente y productiva, nos invita a lograr el fortalecimiento de las actividades médicas encaminadas al mantenimiento de la salud de los animales.

¹ Instituto de Ciencias Biomedicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Instancias como el CONEVET, velan por el mantenimiento de los estándares de calidad de la enseñanza de la MVZ y del ejercicio profesional a través de las acreditaciones de las IES que ofertan este programa educativo y de las Certificaciones de los MVZ en las diferentes áreas específicas de la profesión, garantizando de esta manera la actualización y la calidad de la profesión, lo que se viene a reflejarse en un mejoramiento continuo, tanto de los modelos educativos (el diseño curricular, piedra angular del proceso) como en aquellas actividades que vinculan el ejercicio profesional con la sociedad, buscando generar una relación eficiente en la solución de la problemática que caracteriza a nuestra sociedad y los procesos de globalización en los que se encuentra inmersa.

Podemos afirmar que el proceso de formación del MVZ, tiene como propósito general formar un profesional responsable e integral, con valores y principios de conservación y mejoramiento de la calidad de vida de los animales y de los individuos que conforman la sociedad al aportar soluciones a la problemática que la caracteriza.

Lo anterior queda expresado en el establecimiento de los ejes o ámbitos de aplicación de conocimiento como parte integral del perfil de egreso del MVZ.

Eje o unidad de competencia:

1. Medicina, salud y bienestar animal.
2. Producción y economía pecuaria.
3. Salud pública.
4. Calidad e inocuidad alimentaria.
5. Protección del ambiente y cuidado de los ecosistemas.

En términos generales los ejes o ámbitos de aplicación de conocimiento antes mencionados (congruentes con los trabajos realizados por instancias como COPEVET, CONEVET, PANVET) tienen como aspecto integrador el diseño curricular por Competencias.

La formación basada en competencias requiere de la asunción de una nueva inteligencia y racionalidad que trascienda de la parcelación y de la fragmentación del conocimiento, con el fin de que aborde la realidad en su multidimensionalidad.

Trascendiendo las definiciones habituales sobre competencias, este concepto puede ser asumido como un saber hacer razonado para hacer frente a la incertidumbre, manejo de la incertidumbre en un mundo cambiante en lo social, lo político y lo laboral dentro de una sociedad globalizada y en continuo cambio (Bacarat y Grazian, 2002).

Las competencias deben abordarse como una estructura compleja de atributos necesarios para el desempeño en situaciones diversas donde se combinan conocimiento, actitudes, valores y habilidades con las tareas que se tiene que desempeñar en determinadas situaciones (Gonezi y Athanasou, 1996).

Por otra parte, las competencias son procesos generales contextualizados referidos al desempeño de la persona dentro de una determinada área del desarrollo humano. Son la orientación del desempeño, hacia la idoneidad en la realización de actividades y resolución de problemas. Se basan en indicadores de desempeño y estos corresponden a los indicadores de logro (criterios de desempeño y evidencias requeridas) como una manera de ir estableciendo su formación en etapas.

En relación con lo antes mencionado, podemos afirmar que como producto de los trabajos realizados para lograr la homologación de los planes de estudio se han identificado las competencias profesionales básicas que debe poseer el Médico Veterinario Zootecnista siendo las siguientes:

- Prevenir
- Diagnosticar
- Tratar
- Rehabilitar
- Investigar

Haciendo hincapié, que cada competencia profesional básica incluye una serie de competencias transversales que vienen a fortalecer la apropiación de nuevos conocimientos, habilidades y destrezas, tal es el caso del saber "Diagnosticar" que incluye competencias como:

- Búsqueda de información.
- Integración de conocimientos teóricos básicos.
- Correlación.
- Interpretación de los hallazgos y resultados obtenidos.
- Aplicación de técnicas y procedimiento de diagnóstico.

Lo anterior nos permite visualizar de una manera clara la importancia de la Patología Clínica Veterinaria en el perfil de egreso del MVZ ya que en esta unidad didáctica, recae la responsabilidad de desarrollar en el egresado, la competencia profesional del saber Diagnosticar como base para establecer el pronóstico, el tratamiento, la prevención y el control de enfermedades y procesos patológicos que afectan a los animales.

El saber elaborar una reseña y una anamnesis; realizar un examen físico completo, seleccionar las pruebas diagnósticas vienen a constituir competencias específicas necesarias para establecer el diagnóstico de una enfermedad.

Como se mencionó en párrafos anteriores las competencias se basan en criterios de desempeño y las evidencias de apropiación del conocimiento. Interpretar los signos clínicos, los datos obtenidos de la historia clínica y el examen físico, la interpretación de los hallazgos de

laboratorio y el establecimiento de diagnósticos viene a constituirse en criterios y evidencias de desempeño.

Una vez identificadas las competencias específicas podremos atribuirle los diversos indicadores de logro que permitan identificar el grado de competencia adquirido sobre cada uno de los contenidos que la constituyen. Los indicadores logro deben ser un reflejo de la competencia, ya que ésta es la que le da verdadero significado al aprendizaje de los distintos contenidos seleccionados.

Un ejemplo, retomando lo anterior queda representado en la siguiente tabla:

Tabla 1. Componentes de la unidad de competencia "Evaluación de la función renal"

Unidad de competencia	Competencias específicas	Criterios de desempeño	Habilidades	Actitudes y valores	Evaluación
Evaluación de la función renal	Elaborar: Reseña. Anamnesis. Examen Físico. Evaluar al paciente. Seleccionar determinaciones diagnósticas	Interpretación de datos obtenidos de la historia clínica (Reseña, anamnesis, examen físico). Interpretación de los hallazgos de laboratorio y pruebas de gabinete. Establecer diagnósticos.	Búsqueda y validación de información. Lectura y comprensión en Inglés. Manejo de la especie. Integración de los conocimientos teóricos. Interpretación de los resultados obtenidos. Aplicación de técnicas y procedimientos de diagnóstico	Disciplina Responsabilidad Honestidad Ética Empatía	Resolución de casos Clínicos relacionados con la función renal alterada.

Como se puede apreciar, el trabajar por competencias representa un reto para el docente que tiene posgrado en el área disciplinar teniendo que desarrollar habilidades enfocadas a las competencias. Lo anterior no representa un obstáculo, sino una fortaleza, una forma de motivar al alumno a desarrollar la competencia de diagnóstico clínico, por el gran impacto que tiene la Patología Clínica Veterinaria en el perfil de egreso y en el proceso conductual clínico que implementará en su vida profesional.

REFERENCIAS:

ANUIES, Revista de educación superior 143, México, julio – septiembre 2007, Accesado el 22 de octubre de 2008 en: http://www.anuies.mx/servicios/p_anuies/revsup/pdf/RES 1

Asociación Mexicana de Escuelas y Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Diseño curricular por competencias profesionales, Fundamentos y experiencias, U de G. 2005.

Cano P. PROBLEMÁTICAS DE LA MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA EN MÉXICO, En: <http://www.fmvez.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/archivos/PROBLEMATICAS%20DE%20LA%20MEDICINA%20VETERINARIA%20Y%20ZOOTECNIA%20EN%20MEXICO.doc>

Chan M. E., Delgado L. S., Diseño educativo orientado al desarrollo de competencias profesionales, publicado en: Diseño curricular por profesionales. Fundamentos y Experiencias, AMEFMVZ, UDG. 2005.

Díaz Barriga F., Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida, McGrawHill, , México, 2006.

Perrenoud P., Diez nuevas competencias para enseñar, Ed.Grao/Colofon, 5ta Reimpresión, México, 2011

Tobón, S. Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica., 2da ed. Ecoe ediciones, Bogota. 2006

Tobón S. Competencias en la educación superior, Políticas hacia la calidad. Bogotá, Ecoe Ediciones. 2006

Subsecretaría de educación superior e investigación científica U. de G. Homologación de los planes de estudio de MVZ Latinoamérica, 2004

Zabala A., Arnau L., 11 ideas clave; Como aprender y enseñar competencias. Ed.Grao/Colofon 10ma Reimpresión, México, 2013.

Temblores generalizados en un mastiff inglés

Víctor Manuel Alonso Mendoza¹, Beatriz Alvarado Robles¹

Resumen

Las características clínico-patológicas de un macho canino son descritas. Se presenta a consulta un perro de raza Mastiff Inglés Poodle de 10 meses de edad con temblores sin cese desde los 3 o 4 meses. Un examen físico fue realizado, seguido por un análisis sanguíneo y urinario, y una biopsia muscular. Se determinó que el perro padecía de una miositis linfocitaria multifocal degenerativa.

Palabras clave: Miopatía inflamatoria, miositis..

Introducción

Dentro de las miopatías inflamatorias (miositis), metabólicas o degenerativo-hereditarias las más frecuentes son las miositis, que pueden ser infecciosas o no, entre las primeras destaca la neospora caninum que se manifiesta con atrofia muscular, debilidad y dificultad en la marcha. En las no infecciosas, destaca la polimiositis inmunomediada y la dermatomiositis del Collie, Pastor de Shetland y el Welsh Corgi.

Entre las miopatías endocrino-metabólicas, se mencionan la hipocalcemia (en raros casos de hipoparatiroidismo) y la hipopotasemia presente en hipoadrenocorticismo. De las miositis hereditarias podemos mencionar enfermedades de acumulación o defecto en el metabolismo del glicógeno y las distrofias.

La miositis linfocitaria es una miopatía inflamatoria caracterizada por la infiltración de linfocitos, siendo su etiología de origen inmunitario.

Dentro de las características que destacan en esta patología, podemos mencionar la presencia de atrofia muscular, mialgias y problemas al caminar y temblores.

Representan el 20 al 30% de las miositis inflamatorias y se han identificado como polimiositis presentes particularmente en el Bóxer y en el Newfoundland.

Su diagnóstico es a través de electromiografía (Morgan et al, 2004), biopsia muscular siendo de gran apoyo clínico la bioquímica clínica.

¹ Instituto de Ciencias Biomedicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Métodos y Resultados

Llega a consulta un Mastiff Inglés (figura 1) de 10 meses de edad, quien ha mostrado temblores sin cese, únicamente se detienen cuando está dormido.



Figura 1. Hanamichy.

Reseña:

Nombre.- Hanamichy

Especie.- Perro Doméstico

Raza.- Mastiff Inglés

Sexo.- Macho

Edad.- 10 meses

Peso. - 30 kg

Anamnesis:

Hanamichy se presenta a consulta ya que ha presentado temblores sin cese desde los 3 o 4 meses, presenta su calendario de vacunación y desparasitación al día.

Menciona la propietaria que cuando tenía 3 meses la llevo a una clínica y el MVZ tomo muestras de sangre para realizar un hemograma y una bioquímica clínica.

Reportando como datos relevantes un hematocrito dentro de rango mínimo normal y presencia de una linfopenia moderada.

En la bioquímica se encontró una hiperazotemia y una elevación de la Fosfatasa alcalina.

Menciona que ha presentado enfermedades como bronquitis.

El MVZ no recetó ningún medicamento, razón por la cual Hanamichy fue llevada a otro veterinario quien diagnosticó Síndrome de vibración del perro blanco dando el siguiente tratamiento: Prednisona y diazepam por 15 días. Mejoró pero ya empezó a claudicar de la pata izquierda y los temblores regresaron. Su alimentación es con alimento comercial y no ha dejado de comer ningún día. Los propietarios mencionan que tiene un mes con los temblores, mismos que se incrementan en el ejercicio y que solamente cesan durante la noche.

Examen físico:

Actitud.- Alerta.

Estado general: Bueno.

Mucosas: APN

Temperatura rectal: 38.4 °C

Frecuencia cardiaca= 110/m

Tiempo de llenado capilar = 2.5 s

Linfonodos superficiales = APN.

Incoordinación y ataxia.

Lista de problemas

1.- Déficit de propiocepción del miembro pélvico izquierdo

2.- Ataxia

3.- Propiocepción disminuida

4.- Caminar rígido

Possibilidades diagnósticas y sus hallazgos en diferentes determinaciones

Miositis infiltrativa

Miopatía metabólica

Miositis infecciosa

Miositis infiltrativa

Hallazgos que podemos encontrar en las diferentes determinaciones clínicas.

Miositis infiltrativa

Hemograma: Las alteraciones más comunes en el incluyen la presencia de Anemia marginal probable leucocitosis y linfocitosis.

Perfil bioquímico: Podemos encontrar hiperazoemia prerenal, CK y AST elevados.

General de orina: Sin cambios relevantes.

Biopsia muscular: Presencia de infiltración linfocitaria en músculo

Miopatía metabólica

Hemograma: probable leucocitosis sin desviación. Monocitosis.

Perfil bioquímico: Podemos encontrar creatinina elevada, CK y AST elevados. Hipoglicemia, hipo o hipercalcemia.

General de orina: Sin cambios relevantes.

Miopatía infecciosa

Hemograma: Leucograma inflamatorio, probable monocitosis.

Perfil bioquímico: Sin cambios relevantes, probable hiperazotemia prerenal.

General de orina: Sin cambios relevantes.

Tabla 1. Resultados obtenidos: hemograma.

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATÓCRITO	0.45	L/L	0.37-0.55
HEMOGLOBINA	150	g/L	120-180
ERITROCITOS	8.1	X10 ¹² /L	5.5-8.5
VGM	66	fL	60-77
CGMH	333	g/L	320-360
RETICULOCITOS	33	X10 ⁹ /L	<60
PLAQUETAS	410	X10 ⁹ /L	200-900
PROTEÍNAS T.	70	g/L	60-75
LEUCOCITOS	20.5	X10 ⁹ /L	6.0-17.0
NEUTRÓFILOS	12.5	X10 ⁹ /L	3.0-11.5
BANDAS	0.0	X10 ⁹ /L	0-0.3
LINFOCITOS	6.0	X10 ⁹ /L	1.0-4.8
MONOCITOS	2	X10 ⁹ /L	0.1-1.4
EOSINOFILOS	0	X10 ⁹ /L	0.0-0.9

INTERPRETACIÓN: Leucocitosis con neutrofilia, linfocitosis y monocitosis

Tabla 2. Resultados obtenidos: perfil bioquímico.

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	REFERENCIAS
GLUCOSA	6.1	mmol/L	3.38-6.88
UREA	6.2	mmol/L	2.09-7.91
CREATININA	138	□mol/L	60-126
COLESTEROL	4.2	mmol/L	2.85-7.76
BILIRRUBINA TOTAL	3.5	□mol/L	<5.16
BILIRRUBINA CONJUGADA	33		
ALT	72	U/L	4.0-70
AST	180	U/L	12.0-55
FOSFATASA ALCALINA	415	U/L	6-189
CK	68	U/L	<213
PROTEÍNAS TOTALES	33	g/L	56.6-74.8
ALBÚMINA	35	g/L	29.1-39.7
GLOBULINAS	2.2	g/L	23.5-39.1
CALCIO	1.2	mmol/L	2.27-2.91
FÓSFORO	4.1	mmol/L	0.75-1.70
POTASIO	138	mmol/L	3.82-5.34
SODIO	111	mmol/L	141-153
COLORO	6.1	mmol/L	108-117

INTERPRETACIÓN: Elevación de Creatinina (hiperazotemia), AST y CK.
Presencia de hiponatremia e hipocalcemia ligera.

Examen general de orina:

E. Físico

Color: Amarillo claro.

Apariencia: Claro

Gravedad específica 1.035

pH 6.5

E. Químico

Sin cambios relevantes

Sedimento:

Sin Cambios relevantes

Interpretación: Sin cambios significativos

Biopsia de músculo

Se procede a realizar la biopsia de músculo

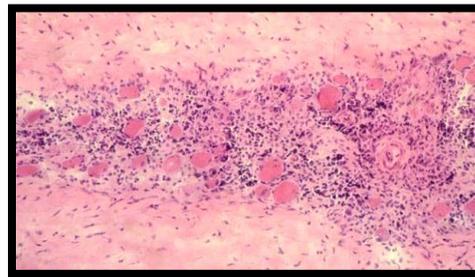
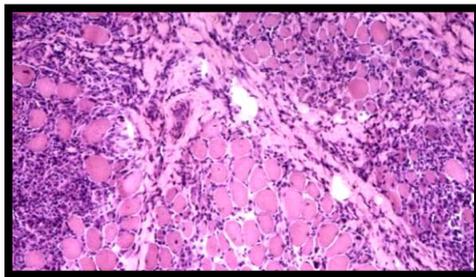


Figura 2. Biopsia de músculo presentando Infiltración linfocitaria del tejido muscular.

El diagnóstico final:

Miositis linfocitaria multifocal degenerativa

Conclusión

Los animales con polimiopatía pueden exhibir debilidad generalizada que se intensifica con el ejercicio y que impide que el animal realice su actividad motora de una manera normal.

Los valores de enzimas musculares (creatina fosfoquinasa, deshidrogenasa láctica y aspartato amino transferasa pueden incrementarse.

Referencias

Adams R. Farmacología y terapéutica veterinaria. 2ª ed. Editorial Acribia. España 2001.

Bojrab M., Fisiopatología y clínica quirúrgica en animales pequeños, 2da ed., Intermédica 1996.

Burkhard M., Clinical pathology and diagnostic testing, an issue of veterinary clinics, Elsevier, 2013.

Dunn J. Textbook of small animal medicine. 1a ed. Editorial Saunders. 2000.

Morgan R. Bright R. Swartout M. Clínica de pequeños animales. 4ª ed. Editorial Saunders. 2004.

Nelson R. Couto CG. Small Animal Internal Medicine. 2ª ed. Editorial Mosby. USA, 1998.

Plumb D. Veterinary Drug Handbook. 5ª ed. Editorial Blackwell publishing. USA 2005.

Sharkey L., Manual of veterinary clinical chemistry; a case study approach. Teton Newmedia, EU, 2010.

Shelton D. From dog to man: The broad spectrum of inflammatory myopathies. Neuromuscular Disorders 17 (2007) pp 663–670.

Tompson M., Small animal medical differential diagnosis, Saunders, 2013.

Comportamiento reproductivo y dinámica folicular en ovejas de pelo durante el año en el valle de Juárez

Juan Alberto Quintero-Elisea¹, Héctor Armando Olguín-Arredondo¹, Ulises Macías-Cruz²,
Andrés Quezada-Casasola¹, Federico Pérez-Casio¹

Resumen

El objetivo del estudio fue el determinar las variaciones que existen anualmente en el desarrollo folicular y comportamiento estrual en ovejas de Pelo. Para lo cual, se realizaron 3 experimentos (marzo, septiembre y diciembre). Se seleccionó un lote de 10 ovejas para cada mes. Se sincronizó el estro con el uso de progestágenos, al día 12 se retiró el progestágeno y se observó la presentación de los estros, además de iniciar con las evaluaciones ultrasonográficas. Las mediciones duraron 4 días. La estación del año tuvo un efecto significativo ($P < 0.01$) sobre la respuesta al estro y sobre el crecimiento folicular, siendo en las épocas de Otoño e Invierno en donde se encontró un mejor desempeño reproductivo de las ovejas en comparación a las ovejas que fueron evaluadas en la estación de Primavera.

Palabras clave: Dinámica folicular, Ovejas, Estro, Folículo.

Introducción

Las razas ovinas de Pelo en los trópicos regularmente presentan actividad reproductiva durante todo el año, siendo mayor esta actividad en los meses de junio a diciembre y se caracterizan por tener un periodo de baja actividad reproductiva corto (entre los meses de febrero a mayo), sugiriendo algunos autores que este periodo se rige en gran medida por las variaciones en disponibilidad de alimento (González et al., 1992), pero sin llegar a definirse como un periodo de anestro estacional (Rivera et al., 2003). Esta baja en la actividad reproductiva de las ovejas ocasiona una menor incidencia de estros y una menor tasa de ovulación. A través del ciclo estrual de la oveja, cada

ovario presenta numerosos folículos antrales en su superficie. Al final del ciclo, en la mayoría de las razas, solamente 1 ó 2 de estos folículos ovula. El monitoreo de los cambios foliculares en el ovario de ovejas no ha sido evaluado de manera individual a través del ciclo estrual. Por lo que un estudio detallado del patrón de crecimiento y regresión de folículos antrales grandes a través del ciclo estrual daría una base más precisa para la comprensión de la regulación de la dinámica folicular en las ovejas de Pelo y poder medir al mismo tiempo las variaciones que pudieran existir a través del año (variación entre épocas).

¹ Depto. Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencias Biomedicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

² Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California

Materiales y Métodos

Este estudio se llevó a cabo durante un año completo realizando tres experimentos, uno por época del año: marzo (Primavera), septiembre (Otoño) y Diciembre (Invierno) con el fin de evaluar todo un ciclo reproductivo anual a través del comportamiento estrual y de la medición ultrasonográfica de estructuras ováricas, para investigar los efectos de estación del año sobre la actividad reproductiva en ovejas de Pelo. Para cada experimento se seleccionó un grupo de 10 ovejas. El estro fue sincronizado con progestágenos vía esponjas intravaginales, impregnadas de 40

mg de acetato de fluorogestona (FGA; Cronogest, lab. Intervet) durante 12 días. Las mediciones ultrasonográficas tuvieron una duración de 4 días, para con esto asegurar el estudio completo de una fase folicular. El número total de folículos ≤ 2 mm, ≥ 2.1 mm - ≤ 4 mm y ≥ 4.1 mm de diámetro fueron evaluados cada día. Toda la información se analizó bajo un diseño completamente al azar utilizando la época del año como tratamiento. Todos los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS.

Resultados y Discusión

La estación del año tuvo un efecto significativo ($P < 0.01$) sobre la respuesta al estro e intervalo al estro, siendo en las épocas de Otoño e Invierno en donde se encontró un alto porcentaje de ovejas en

estro y una reducción en el inicio del estro, en comparación a las ovejas que fueron evaluadas en la estación de Primavera (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de la estación del año sobre la respuesta al estro (%) e intervalo al estro (h) de ovejas de Pelo.

Variable	N	Respuesta al estro \pm EE	Intervalo al estro \pm EE
Estación del año			
Primavera	10	70.0 ^a	54.78 \pm 0.1 ^a
Otoño	10	100.0 ^b	49.53 \pm 0.1 ^a
Invierno	10	100.0 ^b	37.25 \pm 0.1 ^b

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($P < 0.01$)

Trujillo-Quiroga et al. (2007) encontraron una respuesta al estro de 100% para los meses de diciembre, enero y febrero, y a partir de marzo, esta actividad reproductiva se redujo a 40%, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio. Arroyo (2011) menciona que las ovejas Pelibuey muestran comportamiento reproductivo anual variable, con reducido anestro estacional o ausencia del mismo.

En la tabla 2 se presentan los resultados sobre dinámica folicular. El crecimiento folicular presentó diferente crecimiento a través de las estaciones del año. En la estación de Invierno la población folicular presentó mayor cantidad de folículos pequeños (≤ 2 mm de diámetro) en el día 1 post-retiro de la esponja comparada con las estaciones de Primavera y Otoño en las cuales esta categoría de folículos se presentó en menor cantidad.

Tabla 2. Características del crecimiento folicular a través de las estaciones del año en ovejas de pelo.

Esta- ción	Días post-retiro de la esponja											
	0			1			2			3		
	P*	M	G	P	M	G	P	M	G	P	M	G
I	2.4 ^a	1.2	0.1	1.6 ^a	1.9 ^a	0.3	0.7	1.6 ^a	0.7 ^a	0.3	0.5	0.4
II	1.6 ^a	0.8	0.1	1.2 ^a	1.0 ^a	0.2	0.2	2.0 ^a	0.8 ^a	0.2	0.4	0.3
III	3.3 ^b	2.2	0.2	3.0 ^b	2.6 ^b	0.4	0.4	2.4 ^b	1.2 ^b	0.4	1.3	0.5

* Los folículos fueron clasificados como: pequeños (P, ≤ 2 mm de diámetro), medianos (M, ≥ 2.1 mm a ≤ 4 mm de diámetro)

o grandes (G, ≥ 4.1 mm de diámetro).

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($P < 0.01$).

I: Primavera; II: Otoño; III: Invierno.

Así, también se constató que la cantidad de folículos pequeños y medianos durante el Invierno (3.0 y 2.6, respectivamente) fue mayor ($P < 0.01$) en el día 2 post-retiro de la esponja comparada con las estaciones de Primavera (1.6 y 1.9, respectivamente) y Otoño (1.2 y 1.0, respectivamente). En el día 3 post-retiro la categoría de folículos medianos y grandes se hizo más evidente en la estación de Invierno (2.4 y 1.2, respectivamente) en comparación a las estaciones de Primavera (1.6 y 0.7, respectivamente) y Otoño (2.0 y 0.8, respectivamente).

Houghton et al. (1995) encontraron que la mayoría de los folículos visibles en el

día del retiro de la esponja fueron incrementando de diámetro en los días siguientes, lo cual concuerda con los resultados del presente experimento, siendo más evidente el crecimiento en la época de Invierno. De la Isla et al. (2010) encontraron que el número de folículos ≥ 4 mm fue mayor (2.0 vs 1.4 folículos) en la época de mayor actividad reproductiva (agosto-noviembre), siendo el comportamiento en desarrollo folicular similar al encontrado en el presente estudio. Se concluye que las ovejas de Pelo muestran una reducción en la actividad estrual y variación en la dinámica folicular en la estación de Primavera en la región del Valle de Juárez, Chihuahua.

Referencias

Arroyo, J. 2011. Revisión. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14:829-845.

De la Isla, H.G., Aké, L.J.R., Ayala, B.A y González-Bulnes, A. 2010. Efecto de la condición corporal y la época del año sobre el ciclo estral, estro,

desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones de trópico. *Veterinaria México*. 41(3):167-175.

González, A., Murphy, B. D., Foote, W. C. and Ortega, E. 1992. Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Ruminant Research*. 8:225-232.

Houghton, J.A., Liberati, N., Schrick, F.N., Townsend, E.C., Dailey, R.A. and Inskeep, E.K. 1995. Day of estrous cycle affects follicular dynamics after induced luteolysis in ewes. *Journal of Animal Science*.73:2094-2101.

Rivera, G.M., Alanis, G.A., Chaves, M.A., Ferrero, S.B. and Morello, H.H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Ruminant Research*. 48:109-117.

Trujillo-Quiroga, M.M., Gallegos-Sánchez, J., Porras-Almeraya, A. y Valencia-Méndez, J. 2007. Los días artificiales largos inducen el anestro en ovejas pelibuey con patrón reproductivo continuo *Revista: Agrociencia*. 41(5):513-519.

Determinación de cadmio, cromo, plomo y arsénico en suelos superficiales urbanos de Ciudad Juárez, Chihuahua, México

Marcos Delgado Ríos¹, Yanel Rivera Orozco¹, Jonatan Torres Perez¹, Alba Corral Avitia¹, Juan Flores Margez¹, L. E. Santana Contreras¹

Resumen

El presente estudio consistió en determinar los niveles de cadmio, cromo, plomo y arsénico en suelos superficiales circundantes a casas-habitación en la zona urbana del municipio de Juárez, Chihuahua, México, el objetivo de dicho análisis fue determinar cuantitativamente la presencia de los metales y/o metaloides anteriormente mencionados, así como establecer suposición dentro de los rangos que establecen los límites permisibles en áreas urbanas. La importancia en la determinación cuantitativa en suelos urbanos de dichos elementos radica en que los mismos no han sido reportados en estudios previos. El material recolectado fue tratado con técnicas específicas (USEPA, 2002) y analizado por medio de plasma inductivamente acoplado con un espectrómetro de emisión óptica (ICP-OES). Con los valores obtenidos, se obtuvo la concentración en mg kg^{-1} de cada elemento de interés considerando en el análisis estadístico la desviación estándar, error típico y varianza para comparar los valores obtenidos del suelo en distintas áreas de una misma casa habitación entre sí y de igual manera con otras casas habitación. Los resultados obtenidos revelaron que el suelo superficial de una casa-habitación ubicada en la colonia Mariano Escobedo (ME) presentó la cantidad más elevada tanto de cadmio como de cromo. No obstante, los valores reportados no excedieron los establecidos por la normatividad mexicana. Específicamente para el caso del cromo, se presentó una concentración dentro de los valores naturales que normalmente contiene el suelo ($< 70 \text{ mg kg}^{-1}$). El cadmio mostró concentraciones elevadas ($> 1 \text{ mg kg}^{-1}$) en todos los sitios de muestro, las cuales sobrepasan las establecidas como límite en la normatividad de algunos países europeos (e.g. Holanda), dato que debe ser considerado de manera importante ya que con el paso del tiempo significaría un riesgo latente para la salud de la población.

Palabras clave: Metales pesados, Metaloides, Contaminación urbana.

Introducción

Ciudad Juárez se encuentra situada en el norte de México, colinda al norte con El Paso, Texas y a 50 kilómetros al sur se localizan los Médanos de Samalayuca, la zona urbana en estudio presenta un clima extremo y se registran fuertes ráfagas de viento que aunados a la cercanía del desierto generan con mucha frecuencia tormentas de arena y polvo en la ciudad que distribuyen los contaminantes dando como resultado una gran cantidad de éstos en los suelos de la ciudad. (INEGI, 2005). Por otra parte, la zona metropolitana de Juárez presenta una población de 1 313 338 habitantes (INEGI,

2005), lo que hace más evidente la problemática de la ciudad al aumentar la concentración de diversos contaminantes que llegan al suelo provenientes de fuentes antropogénicas y naturales. Las características principales de todos los casos de contaminación son: una fuente de contaminación, un contaminante en si mismo, un medio de transporte (aire, agua o tierra) y un receptor, que puede incluir al ecosistema, organismos individuales como el hombre y estructuras (Rodríguez et al., 2000).

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

La clasificación de la contaminación puede darse de varias formas de acuerdo con la fuente (ejemplo: contaminación agrícola), el medio afectado (ejemplo: contaminación atmosférica), o por la naturaleza del contaminante (ejemplo: contaminación por metales pesados) (Rodríguez et al., 2000). Para fines del presente trabajo, primero se utilizó la clasificación por el medio afectado (suelo) y después por la naturaleza del contaminante, es decir, los elementos traza (específicamente cromo, cadmio, plomo y arsénico).

La presencia en suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos (contaminantes) es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación. El contaminante se encuentra en concentraciones mayores a las habituales y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos. Por su origen puede ser geogénico o antropogénico. Los primeros pueden proceder de la propia roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o de mineralizaciones. Por el contrario, los antropogénicos se producen por los residuos peligrosos derivados de actividades industriales, agrícolas, mineras, etc. y de los residuos sólidos urbanos (Huertos y Romero, 2008). La evaluación de los suelos contaminados no ha despertado gran curiosidad de estudio como lo ha hecho la contaminación del aire y del agua, por lo que han quedado en segundo término las consecuencias que provienen de la contaminación del suelo. Tal vez la razón sea porque los efectos de este tipo de contaminación aparecen de una manera más lenta que en las otras contaminaciones, esto ocurre porque los suelos tienen ciertas capacidades, como son ocluir los elementos contaminantes, filtrarlos eliminándolos de las aguas contaminadas infiltradas y descomponerlos

o convertirlos en sustancias inocuas (RESA, 2005).

La capacidad de autoregeneración del suelo se ve afectada cuando se acumulan en el mismo sustancias contaminantes, además de poner en peligro recursos tales como el agua potable. El suelo se convierte en algo tóxico que contamina a los organismos que lo habitan y a la vegetación. Con un contacto prolongado a los contaminantes pueden presentarse problemas de salud al entrar en el organismo tanto por la piel como por las vías respiratorias (Torri, 2002). Por lo tanto, junto con el mantenimiento de la calidad del aire, la protección del suelo, debe considerarse una prioridad para conservar el medio ambiente. La delimitación de zonas contaminadas y la limpieza de estas mismas son actividades que consumen mucho tiempo y dinero, pero son muy importantes sobretodo para salvaguardar a cada individuo de la comunidad.

Los elementos traza están presentes en relativamente bajas concentraciones (mg kg^{-1}) en la corteza de la tierra, suelos y plantas. Muchos de ellos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas, animales y seres humanos, aunque también pueden ser tóxicos si se superan ciertos umbrales. De forma general todos los elementos traza son tóxicos si se ingieren o inhalan en cantidades suficientemente altas y durante largos períodos de tiempo (Seoanez, 2003). El Selenio, flúor y molibdeno son ejemplos de elementos que presentan un estrecho margen (del orden de pocos mg L^{-1}) entre los niveles de deficiencia y toxicidad (Plant *et al.*, 2001). De todos los elementos traza encontrados en suelos, hay 17 que se consideran como muy tóxicos, pero también se encuentran disponibles en muchos suelos en concentraciones que sobrepasan los niveles

de toxicidad. Estos son: plata (Ag), arsénico (As), bismuto (Bi), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), paladio (Pd), platino (Pt), antimonio (Sb), selenio (Se), estaño (Sn), telurio (Te), titanio (Ti) y zinc (Zn). De ellos, diez son fácilmente movilizados por la actividad humana en proporciones que exceden en gran medida la de los procesos geológicos (Ag, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn y Ti) (Novotny, 1995).

En la clasificación de la EPA (Agencia de Protección Ambiental, por sus siglas en inglés) se incluyen en la lista de contaminantes prioritarios los siguientes trece elementos traza: antimonio, arsénico, berilio, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y zinc (Huertos y Romero, 2008).

De esta manera, se puede observar que son muchos los elementos denominados traza, los cuales, si exceden su contenido permisible pueden ocasionar graves problemas en los suelos y en la salud, por lo tanto es de gran importancia su identificación y cuantificación.

En el presente estudio se plantea la determinación de cromo, cadmio, plomo y arsénico en los suelos circundantes de casas-habitación en diferentes zonas de la mancha urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua. Dichos elementos tienen efectos negativos en la salud humana, y son típicos contaminantes altamente tóxicos de las zonas urbanas.

La incineración de basura común, el uso de calefacción a base de combustión de leña, producción de cemento y ladrillos, la disposición inadecuada en el suelo de colillas de cigarrillo, aceite usado de motor, soldadura de cañería son algunos ejemplos

de fuentes antropogénicas de cadmio y cromo en la zona urbana (Ramírez, 2002).

Hasta finales de los años 80, el plomo formaba parte importante de materiales de construcción como pinturas y tuberías, por lo tanto el agua, suelo y aire también contenían partículas de plomo. Hoy en día, la fuente de exposición más común al plomo es la pintura. El suelo también corre riesgo de estar contaminado por partículas de plomo debido a la carencia o uso inadecuado de los sistemas de eliminación de basura urbana o por el uso de técnicas agrícolas nocivas.

En tiempos recientes, el rápido crecimiento demográfico en zonas urbanas, así como los avances industriales son considerados los mayores causantes de la contaminación por plomo. Particularmente en Ciudad Juárez se han llegado a detectar severos casos de envenenamiento causados por la contaminación generada por la industria metalmecánica y fundidora que ha realizado operaciones durante décadas en esa zona urbana. La contaminación de arsénico merece un enfoque especial, ya que esta se presenta principalmente en agua potable, resultado de la disolución del mineral presente en el suelo por donde fluye el agua antes de su captación para uso humano, o bien, por contaminación industrial o plaguicidas. La problemática proviene de procedimientos industriales en la ciudad a partir de emisiones de arsénico las cuales se unen a otras partículas que posteriormente el viento transporta para depositarse en el suelo. Los microorganismos presentes en el suelo y los sedimentos también emiten sustancias a la atmósfera que se transforman más tarde en otros compuestos de arsénico que pueden volver a fijarse en el suelo (Martin-Jil, 2002).

Por toda la problemática anteriormente descrita, es clara la necesidad de determinar los niveles de concentración de contaminantes en el suelo superficial de la ciudad, así como conocer la distribución geográfica de los mismos para establecer riesgos potenciales a la salud de la población. Así mismo, el objetivo de la presente investigación es conocer los niveles de cadmio, cromo, plomo y arsénico en

suelos superficiales en distintas zonas de Ciudad Juárez, por lo que la recopilación de esta información es importante para la realización de estudios posteriores sobre los efectos en la salud humana y afectación al ambiente por la dispersión de los contaminantes en cuestión cuando los mismos sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

Materiales y Métodos:

Para la obtención de las muestras de suelo superficial urbano de Ciudad Juárez se utilizaron escobas, recogedores y bolsas herméticas de plástico (Family Values®, de 946 mL). Para el proceso de homogeneización de las muestras se empleó un mortero, una balanza analítica (Ohaus, modelo Adventurer), pesa sustancias, espátula y sobres de papel de papel pequeños. Para la elaboración de muestras compuestas se requirió de nuevo un pesasustancias, mortero y espátula, además de bolsas herméticas (Family Values®, de 946 mL).

Para el proceso de digestión de las muestras de suelo superficial, se utilizaron vasos de precipitado de 150 mL, pipetas de 5 mL, una campana de extracción de humos (Fisher Hamilton L.L.C), vidrios de reloj, cinco platinas (CIMAREC 2, Corning PC-35, Fisher Scientific, PYRO-MAGNESTIR), termómetro, embudos, papel filtro Whatman No. 41, matraces volumétricos de 50 mL y envases de plástico con tapa. Además, se utilizaron los siguientes reactivos: ácido nítrico concentrado suprapuro (ARISTAR® ULTRA y J.T. BAKER), ácido clorhídrico concentrado suprapuro (ARISTAR® ULTRA) y agua tri-destilada.

Para el análisis de los analitos de estudio (Cd, Cr, Pb y As) contenidos en las

muestras de suelo superficial, se utilizó un espectrómetro de emisión con plasma de acoplamiento inductivo (Perkin Elmer, Optima 4300 DV). Además de la utilización de estándares de cromo, cadmio plomo y arsénico para la preparación de la curva de calibración y agua 4+4 que consistió en una preparación de agua tridestilada con 40 mL de ácido nítrico y 40 mL de ácido clorhídrico.

Para la obtención de las muestras de suelo superficial, se realizó el muestreo durante 12 meses comenzando a partir de agosto de 2010 y finalizando en el mes de agosto de 2011. Para ello, se eligieron cuatro casas habitación perteneciente a la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua; la primera en la colonia "Ladrillera de Juárez" (LJ) (latitud: 31° 77' 3" y longitud: -106° 52' 621"), la segunda en la colonia "Infonavit Aeropuerto" (IA) (latitud: 31° 40' 8" y longitud: -106 ° 24 ' 28"), la tercera en la colonia "Pradera Dorada" (PD) (latitud: 31° 41' 52" y longitud: -106 ° 25 ' 15) y la cuarta en la colonia "Mariano Escobedo" (ME) (latitud: 31° 72' 19" y longitud: -106 ° 49' 95"). En la Figura 1 se observan las principales vialidades de la ciudad incluyendo los 4 sitios de muestreo ya mencionados.

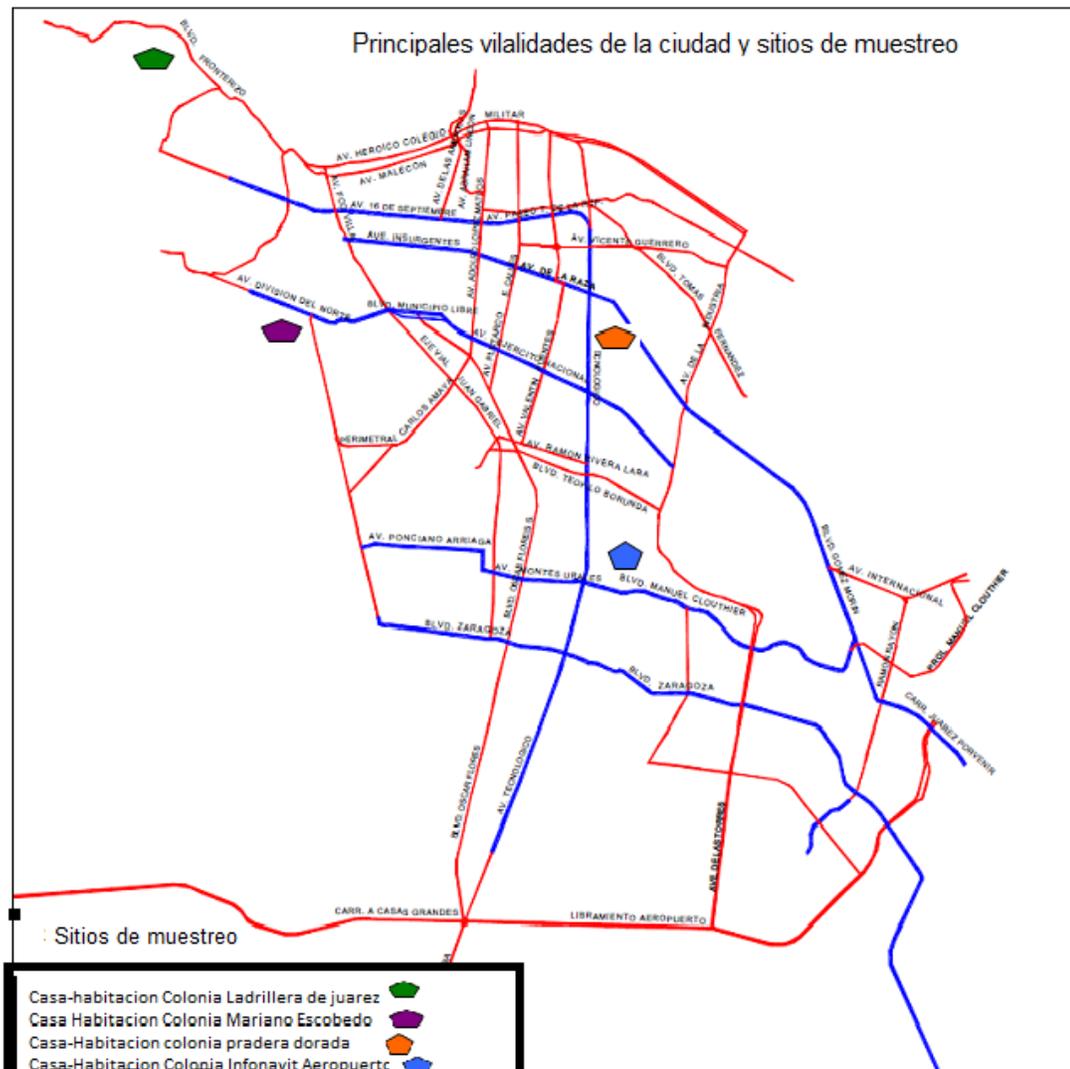


Figura 1. Principales vialidades de ciudad Juárez y los sitios de muestreo utilizados. Fuente: Programa de Gestión de Calidad del Aire en Ciudad Juárez, 1998-2002.

La toma de muestra de suelo superficial se realizó tomando una cantidad de suelo superficial (aprox. 5.0 g) cada tres días utilizando una escoba y un recogedor por cada sitio de muestreo. Cada una de las muestras se depositó en una bolsa hermética de plástico. Después, cada una de las bolsas se rotuló con la dirección del domicilio donde se recolectó y con la fecha en que se tomó. Finalmente, las muestras se guardaron para después ser homogenizadas. Las muestras se llevaron al laboratorio donde se

homogenizaron de la siguiente manera: Se pesaron dos gramos de cada muestra y se colocaron en un mortero donde se procedió a moler dicha muestra. Después, cada muestra se colocó en un pequeño sobre y se rotuló con la fecha y lugar de procedencia. Al concluir con el proceso de homogenizado de cada una de las muestras, se procedió a realizar muestras compuestas para reducir significativamente el número de muestras obtenidas durante el año. Esto se realizó mezclando 1 g de cada nueve muestras.

Después de ello, se homogeneizaron de nuevo en el mortero y se depositó dicho conjunto en una bolsa hermética etiquetada con todas las fechas de las que procedía cada

una de las muestras. En la Figura 2 se presenta un diagrama que describe la metodología realizada.

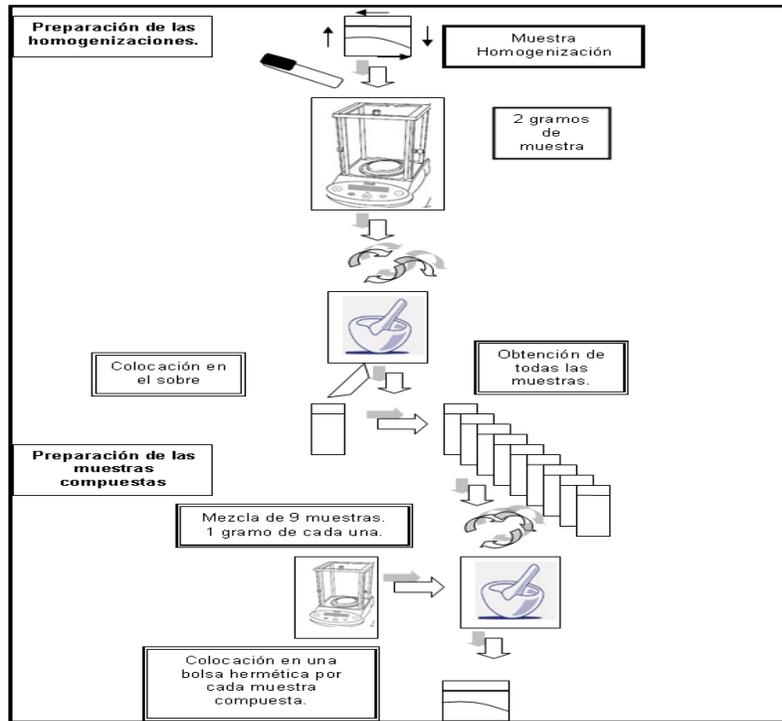


Figura 2. Diagrama de la homogenización y preparación de muestras compuestas.

Las muestras de suelo superficial se digirieron en base al método 3050B de la EPA (USEPA, 2002) con algunas modificaciones. Primeramente se tomó un gramo de muestra, la cual se colocó en un vaso de precipitado junto con 2.5 mL de ácido nítrico concentrado y 5 mL de agua tridestilada. Después de esto, se sometió a reflujo por 10 minutos para después agregar 2.5 mL de ácido nítrico concentrado y 20 mL de agua tridestilada; toda la solución se mantuvo en reflujo hasta que el volumen

total llegó a 15 mL. Luego, se adicionaron 5 mL de ácido clorhídrico concentrado y se continuó con el reflujo hasta obtener nuevamente un volumen de 15 mL. Una vez ocurrido lo anterior, se dejó enfriar durante 15 minutos y se filtró con papel Whatman No. 41, el filtrado se recibió en un matraz volumétrico de 50 mL y se aforó con agua tridestilada. Por último, la muestra obtenida se transfirió a un envase de plástico y se almacenó en frío para su posterior análisis (Figura 3).

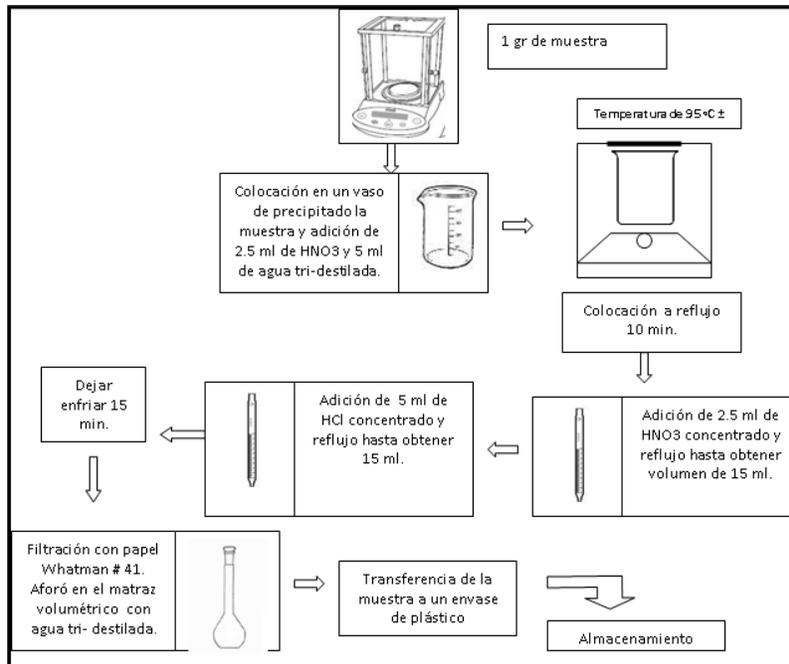


Figura 3. Diagrama de la digestión de las muestras de suelo superficial.

Para el análisis de los analitos de estudio (Cd, Cr, Pb y As) en las digestiones, se utilizó espectroscopia de Emisión por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP por sus siglas en inglés). Dicho análisis se llevó

a cabo en el laboratorio de calidad de agua de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos (mg L^{-1}) fueron transformados a mg kg^{-1} determinando la cantidad de Cd, Cr, Pb y As contenida en 0.05 L (volumen de cada muestra). Una vez obtenido esto, se determinó el contenido total por kilogramo de suelo superficial urbano. A partir de lo anterior se realizó un promedio de la concentración de cada elemento de estudio encontrada en las muestras compuestas, se

calculó la desviación estándar y el error promedio de las todas las muestras. Así mismo, se llevó a cabo un análisis de varianza para cada colonia (Cuadro 1-4).

Utilizando los promedios de cada una de las muestras, se realizó una gráfica donde se representaron los valores de cadmio (Figura 4), cromo (Figura 5), plomo (Figura 6) y arsénico (Figura 7) de todas las casas junto con el error típico..

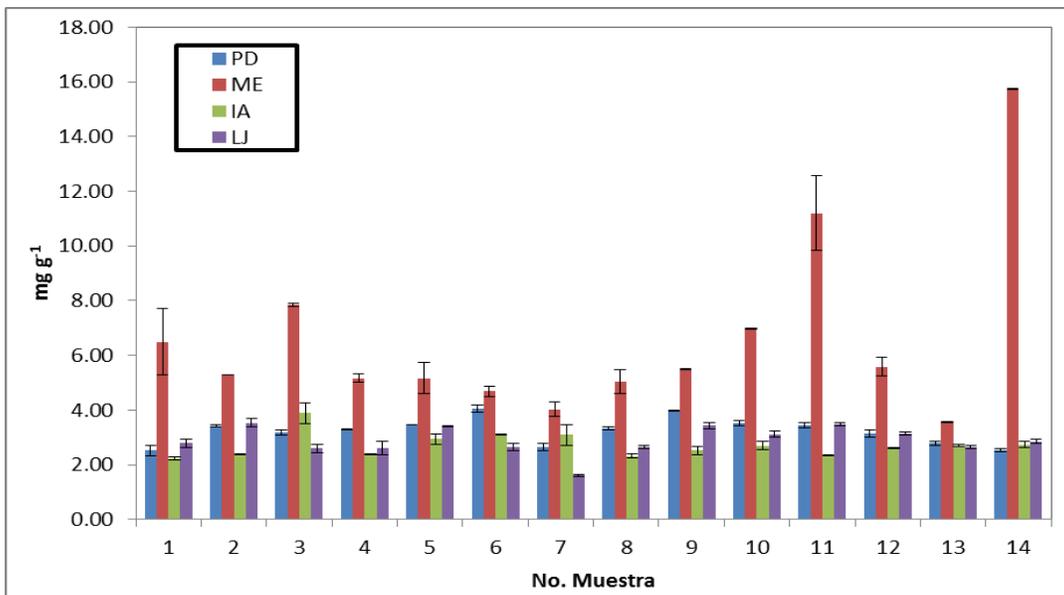
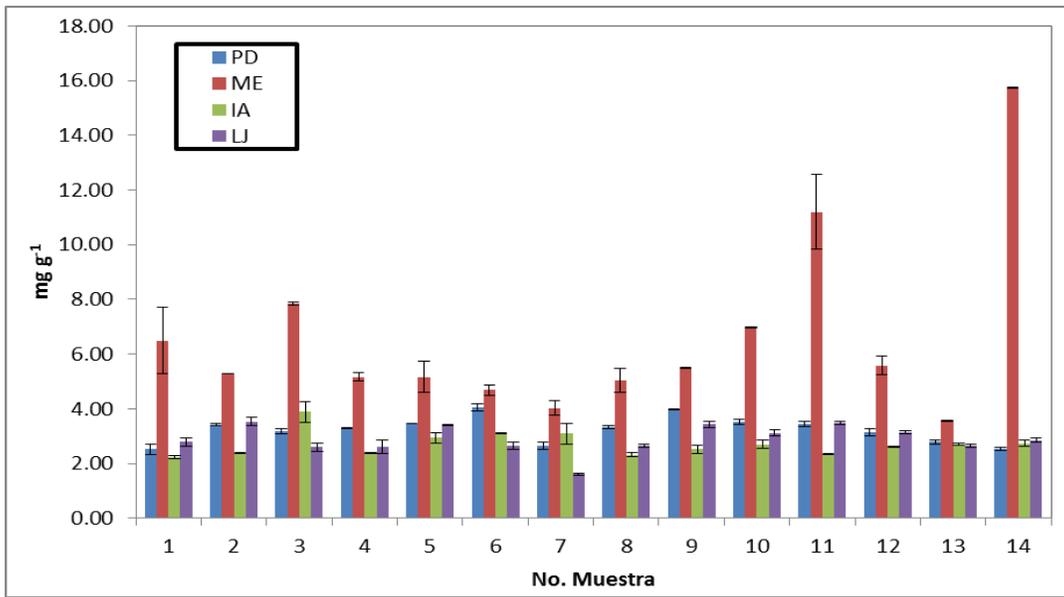


Figura4 . Promedios de contenido de cadmio obtenidos por muestra en suelos superficiales urbanos (PD: Pradera Dorada, ME: Mariano Escobedo, IA: Infonavit Aeropuerto y LJ: Ladrillera de Juárez).

Tomando en cuenta la totalidad de las casas-habitación que abarcó el presente

estudio, se obtuvo el análisis de varianza para cada uno de los analitos.

Cuadro 1. Análisis de Varianza de los valores de cadmio en casas habitación en conjunto (PD, ME, IA y LJ) de la zona urbana de Ciudad Juárez.

Variable dependiente: cadmio					
Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	55	860.04786	15.637234	60.49	<.0001
Error	112	28.953333	0.2585119		
Total correcto	167	889.00119			
	R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz MSE	Media	
	0.967432	13.18994	0.508441	3.854762	
Fuente	DF	Anova SS	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Muestra	13	108.43536	8.3411813	32.27	<.0001
Casa	3	423.61726	141.20575	546.23	<.0001
Muestra*Casa	39	327.99524	8.4101343	32.53	<.0001

Cuadro 2. Análisis de Varianza de los valores de cromo en casas habitación en conjunto (PD, ME, IA y LJ) de la zona urbana de Ciudad Juárez.

Variable dependiente: cromo					
Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	55	10324.491	187.71801	326.22	<.0001
Error	112	64.44896	0.57544		
Total correcto	167	10388.94			
	R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz MSE	Media	
	0.993796	7.631268	0.758576	9.940363	
Fuente	DF	Anova SS	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Muestra	13	320.5085	24.6545	42.84	<.0001
Casa	3	8680.4792	2893.4931	5028.34	<.0001
Muestra*Casa	39	1323.503	33.935975	58.97	<.0001

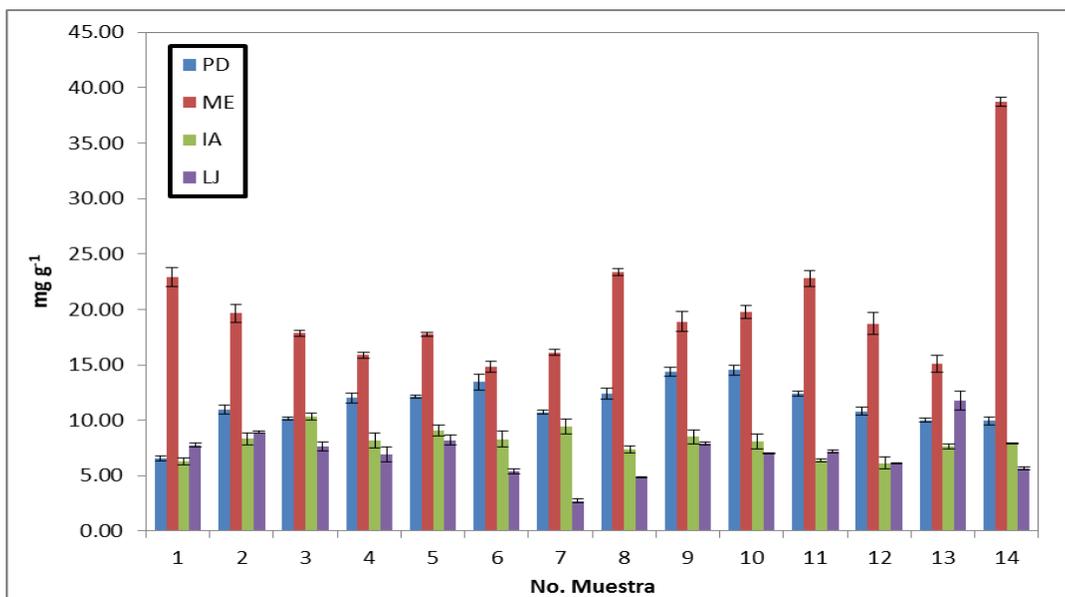
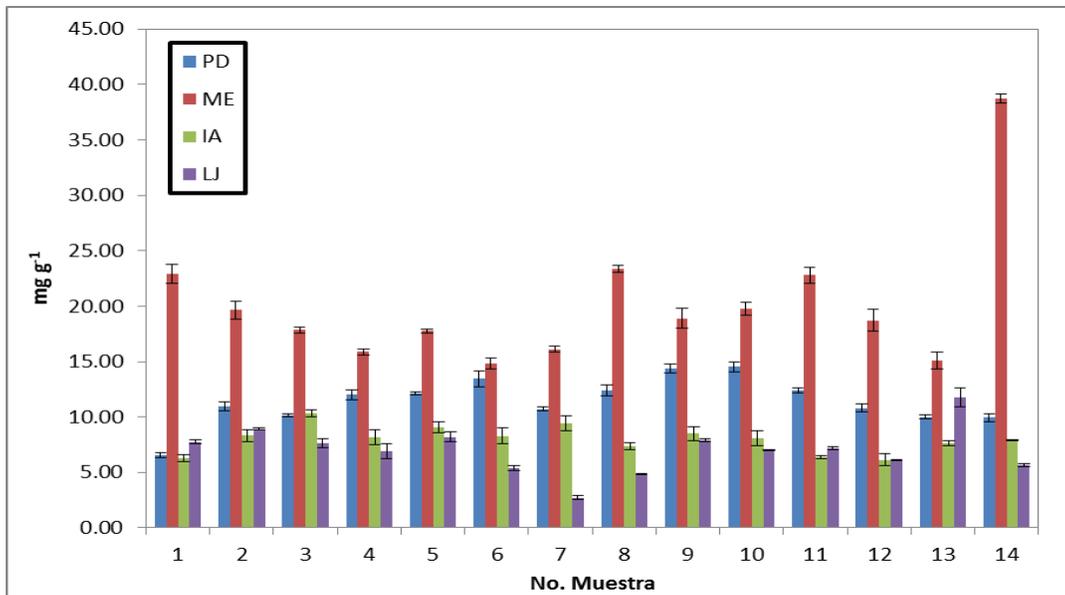


Figura 5. Promedios de contenido de cromo obtenidos por muestra en suelos superficiales urbanos (PD: Pradera Dorada, ME: Mariano Escobedo, IA: Infonavit Aeropuerto y LJ: Ladrillera de Juárez).

Con los valores obtenidos después del análisis de las muestras por ICP se obtuvo la concentración (mg kg^{-1}) en suelo superficial, todos los análisis fueron realizados por triplicado, así mismo, se obtuvo la desviación estándar y con ello se calculó el error típico, que indica la variación que se presenta en una misma

muestra, para ello, se dividió la desviación estándar entre la raíz cuadrada de tres, (tres repeticiones de cada muestra). De esta forma se puede conocer de manera preliminar la diferencia existente en una misma muestra.

Los resultados iniciales obtenidos de la casa-habitación de PD indican que la

concentración más alta de cadmio se presentó en el periodo del 13 de enero al 6 de febrero de 2011, con un promedio de concentración de 4.05 mg kg^{-1} , lo cual está fuertemente relacionado con la temporada de vientos intensos en la ciudad, y donde por ende el arrastre de partículas se ve incrementado. Por otra parte, en el sitio de muestreo de ME la mayor concentración de cadmio se presentó hasta el final del muestreo, del 18 al 28 de agosto de 2011, con una concentración de 15.73 mg kg^{-1} , esto puede atribuirse a que en este periodo las lluvias fueron escasas por lo que el contenido de partículas puede incrementarse ya que no se da el lavado de suelos. Lo anterior fue diferente a las muestras obtenidas de IA y LJ, que presentaron altas concentraciones al principio del estudio; IA presentó una concentración de cadmio mayor en el periodo del 22 de octubre al 15 de noviembre de 2010 (88 mg kg^{-1}) y LJ en el periodo del 24 de septiembre al 18 de octubre de 2010 (3.53 mg kg^{-1}). A pesar de que estas concentraciones se presentaron un año antes que las ya mencionadas de ME, se observa que también la época en la que fueron tomadas estas muestras no se presentaron lluvias, por lo que al igual que en ME no hubo lavado de suelo a causa de la precipitación pluvial.

En el caso del cromo, la casa de PD presentó una mayor concentración en el periodo del 2 al 26 de mayo de 2011, (14.51 mg kg^{-1}), en este periodo se presentaron varios días con fuertes vientos lo que pudo originar el arrastre de partículas al sitio de estudio. Por otra parte, las casas-habitación de ME e IA presentaron las concentraciones más altas en el mismo periodo en el que se presentaron las concentraciones más altas de cadmio. ME en el periodo de 18 al 28 de agosto de 2011 presentó una concentración de 38.71 mg kg^{-1} y la correspondiente a IA en el periodo del 22 de octubre al 15 de

noviembre de 2010 presentó 10.31 mg kg^{-1} , esto también está relacionado con la ausencia de lluvias en esa temporada, generando así la acumulación de cromo en el suelo. Contrariamente a lo anterior, la casa-habitación de LJ no presentó los valores más altos en el mismo periodo que el cadmio, ya que los valores mayores esta casa-habitación (11.76 mg kg^{-1}) fueron en el periodo del 22 de julio al 15 de agosto de 2011 donde tampoco se presentaron muchas lluvias. Con todo lo anterior se observó que al igual que los valores del cadmio, las concentraciones no son uniformes en las diferentes zonas de la ciudad.

Con respecto a los análisis de varianza, se pudo denotar que, en relación al cadmio, este mostró un efecto significativo para las muestras, casas y la interacción casas por muestras ($p < 0.0001$) con un coeficiente de variación de 13.18%, el cual se puede considerar alto con respecto a la media general que fue de 3.85 mg kg^{-1} (Cuadro 1).

La comparación de promedios para cadmio indicó que de las 14 muestras, la muestra 14 de la casa-habitación de ME mostró un valor promedio significativamente superior con 5.96 mg kg^{-1} , mientras que el resto de las muestras mostraron valores en un intervalo de 5.10 a 2.84 mg kg^{-1} .

La comparación de concentraciones promedio entre casas para la concentración de cadmio indicó que la casa-habitación de ME mostró el valor promedio significativamente superior con 6.59 mg kg^{-1} (Cuadro 1), mientras que las casas de IA y LJ mostraron el valor menor con 2.71 y 2.89 mg kg^{-1} respectivamente.

El análisis de varianza para cromo mostró efecto significativo para las

muestras, casas y la interacción casas por muestras ($p < 0.0001$) con un coeficiente de variación de 7.63%, el cual se considera aceptable (Cuadro 2).

La comparación de promedios de cromo indicó que de las 14 muestras, la muestra 14 correspondiente a la ME, mostró un valor superior (14.16 mg kg^{-1}), mientras que el resto de las muestras mostraron los menores promedios en un intervalo de 10.82 a 8.23 mg kg^{-1} .

La comparación de promedios entre suelos urbanos superficiales para la concentración de cromo indicó que la casa de ME mostró el valor promedio superior con 20.17 mg kg^{-1} , mientras que la casa de LJ mostró el valor menor con 0.14 mg kg^{-1} (Figura 5).

Con todo ello, se observa que las concentraciones más altas fueron las de la casa-habitación de ME, esto está relacionado con los factores que presenta esta zona de estudio, ya que existe una gran cantidad de calles sin pavimentar con lo que el movimiento continuo de vehículos desplaza diferentes partículas provenientes de los escapes de estos mismos vehículos, además, en esa zona un gran sector de la población utiliza calefacción a base de combustión de leña, se incinera basura y dicha zona se encuentra aledaña a un sector donde anteriormente existieron ladrilleras en las que las emisiones de cadmio al ambiente por el mismo proceso de la fabricación de ladrillo eran desplazadas por el viento y por consiguiente se desarrolló una distribución de estas partículas en diferentes suelos.

Por otra parte, la casa-habitación de LJ presentó los valores más bajos según el promedio obtenido para cromo y se encontró junto con la casa-habitación de IA con los valores más bajos de cadmio. Esto a pesar

de que dicha casa-habitación se encuentra aledaña a una ex-fundidora del estado norteamericano de Texas, donde uno de los metales producidos era cadmio, que al igual que en la casa-habitación de ME, dicha zona no presenta pavimentación, se incinera basura y se utiliza el mismo sistema de calefacción durante el invierno. No obstante, la casa-habitación no presentó niveles altos en ninguno de los metales analizados, hecho atribuible a que el viento ha desplazado las partículas de cadmio y cromo hacia otros sectores de la ciudad.

En la casa-habitación de PD, la relación con la época de viento es muy estrecha, ya que se observaron mayores niveles de concentración tanto de cadmio como de cromo en las épocas donde los vientos fueron más intensos. Sin embargo, estos valores no fueron muy grandes en relación con la casa-habitación de ME a pesar de que la zona en la que se encuentra esta casa-habitación es aledaña a otro sector de la ciudad donde se produce ladrillo, por lo que el arrastre de partículas por el viento no está dirigido a esta zona.

En la casa-habitación ubicada en IA, las concentraciones tampoco fueron elevadas con relación a la casa-habitación de ME. No obstante, por esta zona la influencia de actividades antropogénicas que podrían generar el aumento de concentración de cadmio y cromo, no son tan elevadas como en la zona que presentó los niveles más altos, ya que los sitios que podrían producir este efecto son talleres de carrocerías automotrices, ya que al pintar los automóviles con diferentes esmaltes y barnices podrían ocasionar que diferentes partículas se diseminen por el viento a los suelos aledaños, sin embargo este fenómeno no es representativo.

En cuanto a la normatividad ambiental, es importante mencionar que en México se carece de información relativa a la calidad de suelos en términos del contenido de metales pesados, ya que los datos disponibles corresponden a información que se genera en otros países, extrapolada a los suelos nacionales (Vázquez *et al.*, 2005). Por lo tanto, para saber si los resultados encontrados son adecuados no se cuenta con información disponible. No obstante, si son comparados con los límites máximos permisibles de la única normativa mexicana relacionada con la calidad de los suelos (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004), que establece como límite máximo permisible para suelo de uso residencial 37 mg kg⁻¹ de cadmio y 280 mg kg⁻¹ de cromo hexavalente, los resultados obtenidos no sobrepasan la normatividad. Esta normatividad muestra valores de concentración relativamente altos, ya que está destinada para establecer criterios de remediación de suelos contaminados con estos elementos.

En el caso del cromo, en el presente estudio no se realizó el análisis del cromo hexavalente, ya que para ello se requieren análisis de especiación química. La normatividad mexicana solo refiere el límite máximo permisible de cromo hexavalente

debido a que es el más tóxico y por lo tanto requiere una mayor atención.

Ahora bien, si los valores obtenidos son comparados con los que reportan Mas y Azcue (1993) como concentraciones naturales de metales pesados en suelos, es decir, sin la actividad del hombre, en el caso del cadmio se sobrepasa esta concentración natural en todos los sitios de muestreo, ya que el umbral permisible es de 0.35 mg kg⁻¹. No obstante, en el caso del cromo los datos obtenidos se encuentran dentro del umbral (70 mg kg⁻¹ como límite máximo) y el valor promedio obtenido más alto fue de 20.17 mg kg⁻¹ correspondiente a la casa-habitación ubicada en ME.

Así mismo, según los valores estándar de Holanda donde se consideran varios niveles, los valores obtenidos en este estudio entran en el nivel indicativo por encima del cual hay contaminación demostrable ya que estos sobrepasan 1 mg kg⁻¹ (Vegter, 1995) y deben considerarse de atención ya que exceden el umbral antes mencionado.

Para el caso del plomo, la Figura 6 muestra la concentración en base al promedio obtenido en las cuatro colonias así como el margen de error en cada muestra.

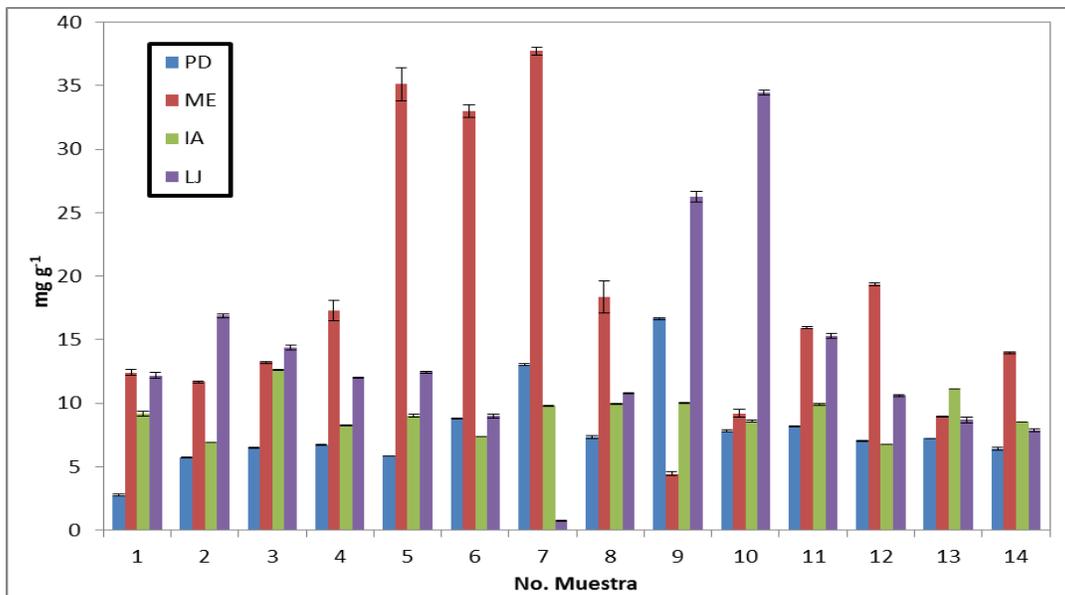
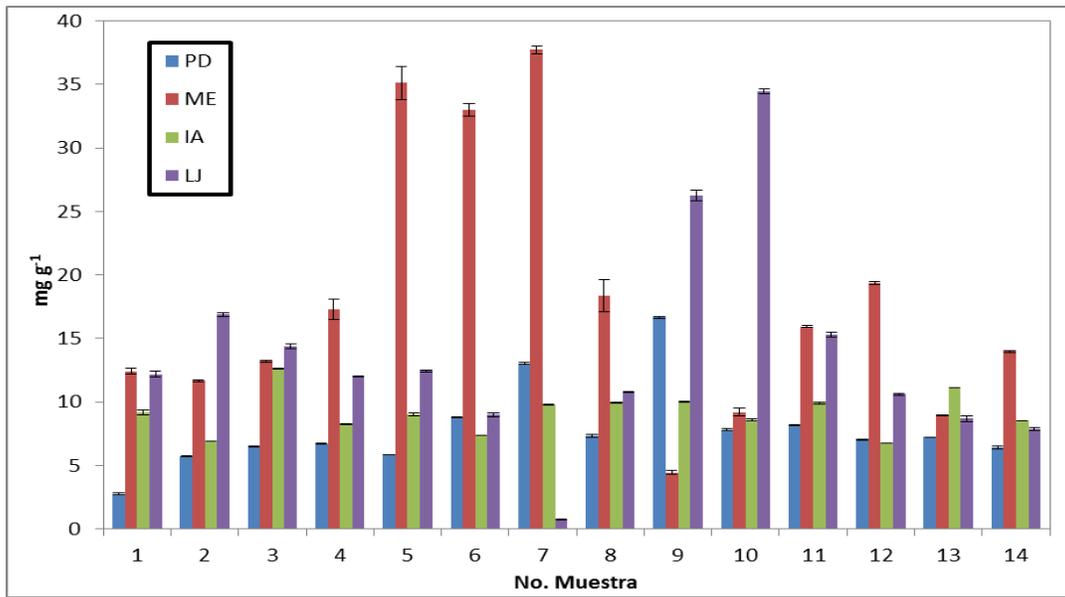


Figura 6. Promedios de contenido de plomo obtenidos por muestra en suelos superficiales urbanos (PD: Pradera Dorada, ME: Mariano Escobedo, IA: Infonavit Aeropuerto y LJ: Ladrillera de Juárez).

Cuadro 3. Análisis de Varianza de los valores de plomo en casas habitación en conjunto (PD, ME, IA y LJ) de la zona urbana de Ciudad Juárez.

Variable dependiente: plomo					
Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	55	9918.822485	180.342227	658.10	<.0001
Error	112	30.691667	0.274033		
Total correcto	167	9949.514152			
	R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz MSE	Media	
	0.996915	4.310072	0.523481	12.14554	

Fuente	DF	Anova SS	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Muestra	13	902.526027	69.425079	253.35	<.0001
Casa	3	2640.347068	880.115689	3211.72	<.0001
Muestra*Casa	39	6375.949390	163.485882	596.59	<.0001

Los promedios de concentración de plomo más bajos fueron los provenientes de PD (valor máximo obtenido para esa colonia = 15.6 mg kg⁻¹). Por otro lado, las concentraciones de plomo más elevadas pertenecieron a las muestras provenientes de ME (37.733 mg kg⁻¹).

En la colonia IA, las concentraciones más altas se presentaron entre 11.13 y 12.63 mg kg⁻¹, mientras que para la colonia LJ los valores más altos fueron se ubicaron entre 26.66 y 15.33 mg kg⁻¹.

El análisis de varianza para plomo (Cuadro 3) indica efecto significativo para las muestras, casas y la interacción casas por muestras (p<0.0001) con un coeficiente de variación de 4.31%, el cual se considera bajo.

La comparación de promedios para la concentración de plomo indica que de las 14 muestras, tres de ellas mostraron valores promedio superiores significativamente con 15.6, 15.3 y 15.0 mg kg⁻¹, mientras que las muestras los menores valores promedios fueron 9.19, 9.12 y 8.99 mg kg⁻¹.

La comparación de promedios entre casas para la concentración de plomo indica que la casa de la colonia ME mostró el valor promedio superior significativamente con 17.90 mg kg⁻¹, mientras que la casa de la colonia PD mostró el valor menor con 7.86 mg kg⁻¹.

En la Figura 7 se muestran las concentraciones de arsénico observadas en las muestras de suelo provenientes de las cuatro colonias. Así mismo, se muestran los

Análisis de Varianza efectuados para el arsénico en las casa habitación (Cuadro 4).

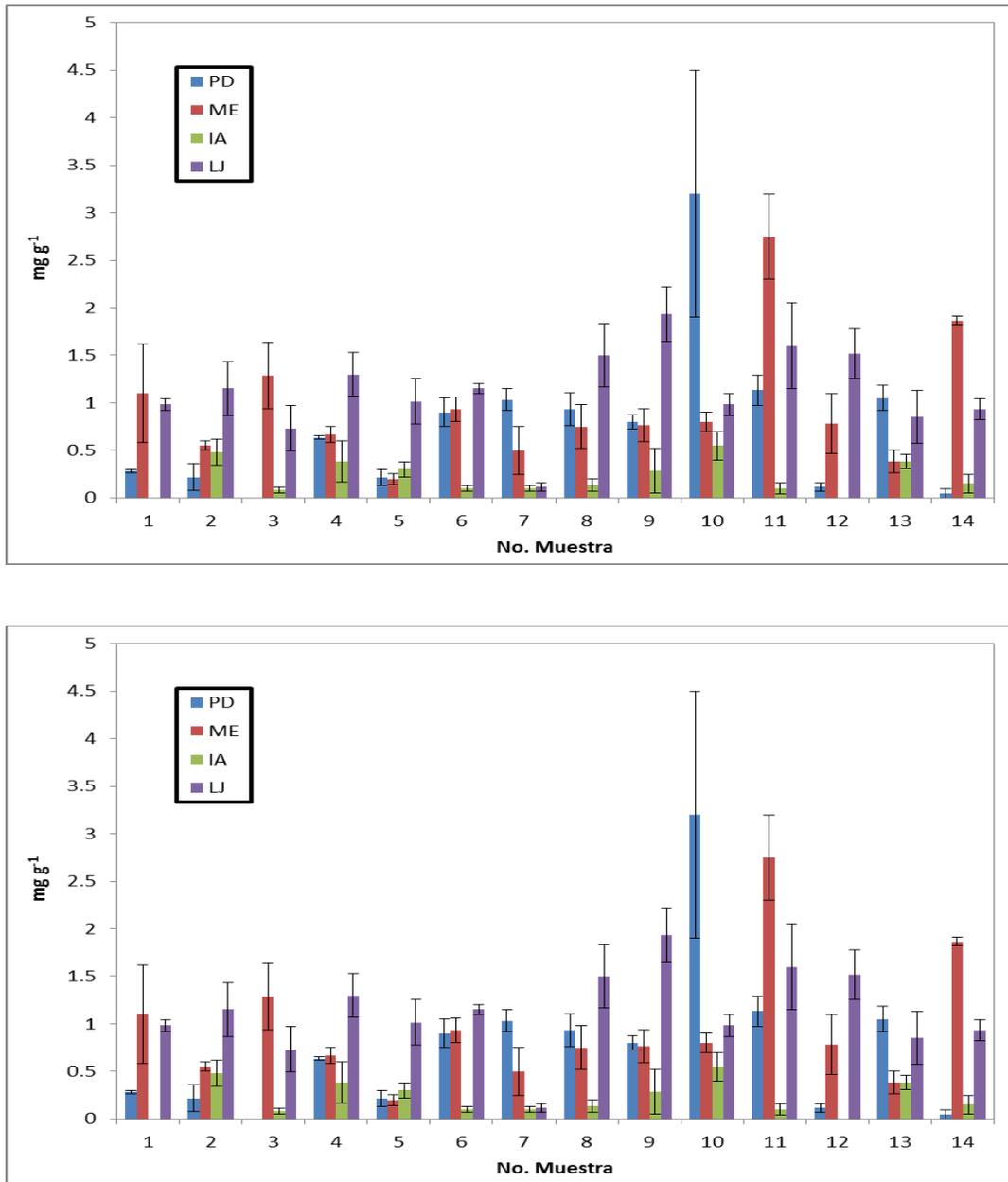


Figura 7. Promedios de contenido de arsénico obtenidos por muestra en suelos superficiales urbanos (PD: Pradera Dorada, ME: Mariano Escobedo, IA: Infonavit Aeropuerto y LJ: Ladrillera de Juárez).

Cuadro 4. Análisis de Varianza de los valores de arsénico en casas habitación en conjunto (PD, ME, IA y LJ) de la zona urbana de Ciudad Juárez.

Variable dependiente: arsénico					
Fuente	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	55	71.27665179	1.29593912	6.49	<.0001
Error	112	22.36833333	0.19971726		
Total correcto	167	93.64498512			
	R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz MSE	Media	
	0.761137	58.58662	0.446897	0.762798	

Fuente	DF	Anova SS	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Muestra	13	14.22394345	1.09414950	5.48	<.0001
Casa	3	19.53087798	6.51029266	32.60	<.0001
Muestra*Casa	39	37.52183036	0.96209821	4.82	<.0001

En lo que respecta al arsénico, los promedios más altos se encontraron en PD y ME con 3.20 y 2.75 mg kg⁻¹ respectivamente. Los valores más altos de la colonia LJ fueron del orden de 1.6 a 1.5 mg kg⁻¹. Por último, los promedios más bajos correspondieron a IA, donde el valor más alto fue de 0.4833 mg kg⁻¹, mientras que en varias muestras la concentración de arsénico no fue detectable.

El análisis de varianza para arsénico también mostro efecto significativo para las muestras, casas y la interacción casas por muestras (p<0.0001) con un coeficiente de variación de 58.51% (Cuadro 4), el cual se considera muy alto.

La comparación de promedios de arsénico indica que de las 14 muestras analizadas, dos de ellas mostraron valores promedio significativamente superiores

(1.40 y 1.38 mg kg⁻¹), mientras que las demás muestras mostraron promedios menores en el rango de 0.77 a 0.43 mg kg⁻¹.

La comparación de promedios entre casas para la concentración de arsénico indica que las colonias LJ y ME mostraron los valores promedios significativamente superiores con 1.13 y 0.95 mg kg⁻¹ respectivamente, mientras que IA mostró el valor menor con 0.22 mg kg⁻¹.

Una vez conocidos los datos de las concentraciones, el siguiente paso fue compararlos con los límites establecidos de contaminantes del suelo. Sin embargo, es necesario mencionar que en México se carece de información referente a la calidad de suelos en términos del contenido de metales pesados. Los datos disponibles corresponden a información generada en otros países, extrapolada a los suelos

nacionales. De manera que, cuando se trata de diagnosticar el grado de acumulación de los elementos traza en los suelos de México, se usan estos datos como criterios de comparación. Más aún, si se quisiera recomendar o regular el uso racional de residuos contaminantes y mantener un mínimo riesgo de exposición, el primer problema que se enfrenta es la ausencia de límites permisibles de concentración en suelos (Alarcón, 2005).

Según la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, los máximos valores permisibles de plomo y arsénico son 5600 y 960 mg kg⁻¹ respectivamente. A partir de esto se puede concluir que las concentraciones de plomo y arsénico no representan mayor problema, ya que se

encuentran muy por debajo del valor establecido en la norma. Sin embargo, es necesario recordar que esta norma oficial mexicana fue escrita para determinar las concentraciones de remediación en suelos contaminados, en los que se espera cantidades muy elevadas de estos elementos, por lo que no se puede considerar que los elementos se encuentren de forma natural.

Según Mas y Azcue (1993), los límites permisibles para las concentraciones naturales de arsénico y plomo en suelos son de 6 y 35 mg kg⁻¹ respectivamente; en base a ello se puede concluir que el arsénico se encuentra muy por debajo del límite, mientras que el plomo se encuentra ligeramente por encima de este.

Conclusiones

Se pudo observar que las concentraciones más altas reportadas en los cuatro sitios de la ciudad de cadmio y cromo, se encuentran en la casa-habitación de ME, por lo que, este es el sitio con mayor acumulación de estos metales.

Con lo que respecta al cumplimiento de diferentes normativas, las concentraciones de Cd y Cr en los suelos analizados se encuentran muy por debajo de los niveles que marca la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que se utilizan como criterio para la remediación de sitios contaminados. Siguiendo esta normatividad, los suelos analizados no requieren ser saneados. De hecho, en el caso del cromo, en todas las muestras tomadas se tienen valores que se encuentran dentro de lo normal en concentraciones naturales, por lo que, en relación a la concentración de cromo los suelos analizados presentan niveles que no ponen en riesgo la salud de la población.

En los valores obtenidos de cadmio, a diferencia del cromo, se observó que estos presentaron una concentración superior a lo contiene un suelo de manera natural. Además, estas concentraciones sobrepasaron los valores estándar establecidos para otros países, por lo que estos suelos ya pueden ser considerados como contaminados. No obstante, estos valores no alcanzan los niveles necesarios para considerar tomar medidas de remediación, pero si es importante que se tome en cuenta para evitar problemas de salud en la población.

Así mismo, se debe poner especial atención a la zona de la colonia ME, ya que en este sector de la ciudad el promedio de concentración de cadmio fue más elevado.

La casa de ME mostró tener el mayor promedio de concentraciones de plomo con 17.90 mg kg⁻¹, mientras que la casa de PD mostró el menor promedio con 7.86 mg kg⁻¹.

1. En cuanto al arsénico, los promedios mayores de concentración se encontraron en las casas de LJ y ME, con 1.13 y 0.95 mg kg⁻¹ respectivamente, dichos valores no sobrepasan los límites máximos permitidos

por la normatividad mexicana, pero en el caso particular del plomo, se encuentra en concentraciones ligeramente mayores a las presentes en un medio natural.

Referencias

Alarcón A. y col., Límites permisibles de acumulación de cadmio, níquel y plomo en suelos del valle del mezquital, Hidalgo. *Terra Latinoamericana*, Vol. 23, Núm. 4, 2005.

INEGI. Anuario Estadístico, datos nacionales. [En línea] México: 2005. <http://www.inegi.org.mx/> (consulta: 3 de enero de 2011).

Huertos, E.M.; y Romero, A.B. Conferencia: Contaminación de suelos por metales pesados. (macla. n° 10. noviembre-08) Universidad de Sevilla. España. 22 p.

Martín-Gil J et al, Estudio por microscopía electrónica y microanálisis de las uñas de un intoxicado por arsénico. XVIII Congreso de la SEQC, Puerto de la Cruz, Tenerife, 1999.

Mas A.; y Azcue J.M. 1993. Metales en Sistemas Biológicos. Ed. PPU. 324 p.

Norma-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial, Segunda edición. 8 p.

Novotny, V. "Diffuse sources of pollution by toxic metals and impact on receiving waters". *Heavy Metals*. 1995. 33(52). 412-427.

Plant, J.; Smith, D.; Smith, B.; y Williams, L. "Environmental geochemistry at the global scale". *Applied Geochemistry*. 2001. 1 p.

Ramírez A. 2002. "Toxicología del cadmio conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos". *Anuales*

de la facultad de medicina: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 1025 (5583). 2-4.

RESA. Procesos medioambientales y energéticos. [En línea] España: 2005. <http://www.resa-bcn.com>. (Consulta: 15 de enero de 2011).

Rodríguez, M.R. Aportaciones al conocimiento del estado medioambiental de hidrosistemas de interés internacional situado en Castilla La Mancha. Tesis doctoral. Universidad de Castilla La Mancha. Castilla La Mancha. 2000. 13 p.

Seoanez, C.M. Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias. 1ª edición. Editorial Mundi Prensa Libros. México, D.F. 2003. 332 p.

Torri, S.I; y Lavado R.S. 2002. Distribución y Disponibilidad de Elementos Potencialmente Tóxicos en Suelos Representativos de la Provincia de Buenos Aires Enmendados con Biosólidos. Universidad de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo* 20 (2) 2002. 18 p.

USEPA, (2002) Method of EPA <http://www.epa.gov/SW-846/under/html>

Vázquez, A. A; Lenom, J. C; Carrillo, R. G; Zamudio, B.G; Álvarez, E. S; y Castellanos, J.R. 2005. "Límites Permisibles de Acumulación de Cadmio, Níquel y Plomo en Suelos deL Valle del Mezquital, Hidalgo". *TERRA Latinoamericana*, Vol. 23, Núm. 4, octubre-diciembre, 2005, pp. 447-455. Universidad Autónoma Chapingo, México. 447 p.

Vegter J.J.; 1995. Soil Protection in the Netherlands. En *Heavy Metals*. Salomons W., Förstner U. y Mader

Caracterización y capacidad de adsorción de la especie vegetal *Larrea tridentata* como adsorbente de color

Marcos Delgado Ríos¹, Karina Guzmán Muñoz¹, Edith Flores Tabizón¹, Daniel Márquez¹, Alba Corral Avitia¹, L. E. Santana Contreras¹, Jaime Romero González¹

Resumen

La presente investigación se basó en la caracterización de la especie vegetal *Larrea tridentata* mejor conocida como la gobernadora. Se realizaron determinaciones tales como pH, humedad, temperatura, análisis de carbón fijo y volátiles, capacidad de adsorción de un colorante por el Método Azul de Metileno (AM) y el Índice de Yodo. El colorante utilizado fue el Rojo No. 40. Se realizó un solución patrón del colorante a 200 ppm y de aquí se partió para trabajar a diferentes concentraciones. Las partes de la planta que se utilizaron para las pruebas fueron: hoja, raíz y tallo. Los resultados de máxima capacidad de adsorción mostrados por las diferentes secciones de la planta fueron: para la raíz 0.078 mg/g, el tallo 0.224 mg/g y hoja 0.234 mg/g.

Palabras clave: Adsorción, *Larrea tridentata*.

Introducción

El incremento de actividades antropogénicas como la población, la industrialización, las prácticas en la agricultura, entre otras, incrementan la demanda de agua potable (Meneses *et al.*, 2010). La gran cantidad del agua tratada en las diferentes plantas de tratamiento se reutiliza para irrigación de cultivos, ocasionando esto inconvenientes en el área de salud pública, ya que con el resultado de estos procesos se corre el riesgo de que los patógenos que residen en dicha agua afecten a la población, con infecciones parasitarias (Amahmid, 2002; Muga *et al.*, 2008).

El problema que presentan los estados del centro del país con respecto a las descargas industriales de plantas textiles o de alguna otra que utilice en sus procesos tanto colorantes naturales como sintéticos, afectan en su gran mayoría a los procesos biológicos naturales (ejemplo: la fotosíntesis), ya que cuando los colorantes utilizados se van acumulando en la

superficie de los cuerpos de agua tienden a interferir en ellos. Los colorantes utilizados para la tinción de una gran variedad de productos, al ser descargados al drenaje municipal, traen consigo riesgos potenciales a la salud pública (Olguín *et al.*, 2010).

El agua que se necesita para uso doméstico debe de cumplir con estándares, los cuales son establecidos por la Organización Mundial de la Salud, al igual que el agua utilizada en la industria la cual necesita cumplir con parámetros específicos de cantidad y calidad (Elhassidi, 2008). La descarga de agua industrial es aquella que resulta de diferentes actividades industriales con una gran variedad de componentes, que por ser tan variados hacen más complicado su tratamiento. Tal es el caso de las industrias textil y productora de dulces, en donde lo más utilizado son colorantes para teñir o suavizar los colores de sus productos (Bielefeldt, 2009).

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

La Agencia Federal de Protección al Medio Ambiente (USEPA, por sus siglas en inglés), verifica que las descargas industriales se encuentren dentro de los intervalos establecidos en sus acuerdos, en Estados Unidos (Bielefeldt, 2009). La norma que verifica los parámetros de calidad de la descarga tanto urbana como industrial en México, es la NOM-001-ECOL-1996, "que establece los límites máximos permisibles de algunos de los contaminantes que descargan los municipios y las industrias, toman en cuenta ocho parámetros básicos, nueve metales, cianuros y coliformes fecales", por lo que en la mayoría de los casos tanto las industrias como los municipios cumplen con los límites establecidos (Saldaña *et al.*, 2001).

El agua de descarga se refiere según la NOM- 001-ECOL-1996 "a las aguas de composición variada provenientes de los usos municipales, industriales, comerciales, de servicio, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas". La descarga según dicha norma es lo que se vierte, infiltra, deposita o inyecta agua residual a un cuerpo receptor en forma continua cuando este es un bien de dominio público y del país (Saldaña *et al.*, 2001).

La especie vegetal que se utilizó fue *Larrea tridentata* que pertenece a la familia Zygophyllaceae, género *Larrea* y especie *tridentata* (Rai *et al.*, 2006 y Yam-Canul *et al.*, 2008) Ubicada en el desierto de Chihuahua principalmente, es una planta perenne, con una altura que oscila entre los 0.3 m a los 3 m; tiene hojas gruesas de color verde oscuro, las cuales producen una capa resinosa que es la que impide la pérdida de agua. Otra característica para sobrevivir en

las zonas extremas ya mencionadas es la capacidad de resistencia a las sequías, porque en cada temporada de lluvia *Larrea tridentata* mantiene la humedad y al suceder esto expide un olor característico, por eso también es conocida como la hediondilla; su época de floración se define según la temporada de lluvias (Olivas, 1999).

El nombre de gobernadora se le atribuye porque en la zona donde se le encuentra la mayoría de las veces estará apartada de otras especies de plantas, se dice que es una planta dominante. Requiere ambientes con mucho sol y áridos, climas extremos tanto en verano como en invierno; cuenta con un mecanismo de reducción de hojas para disminuir la cantidad de agua requerida en su mantenimiento pero no detiene su proceso fotosintético (Olivas, 1999).

Los componentes de la hoja de *Larrea tridentata* son 19 agliconas Flavonoides, gran cantidad de lignanos incluyendo al ácido nor-dihidroguaiarético, así como también halógenos alcaloides, saponinas, aceites esenciales el 80 % de compuestos fenólicos de los cuales le brindan a las hojas propiedades anti fúngicas, antioxidante y de retención de humedad (Arteaga, *et al.*, 2005). Una de las sustancias activas dentro de esta planta, es el ácido nor-dihidroguaiarético, un antioxidante excepcional que se utiliza en la industria para preservar alimentos, atacar hongos, bacterias, levaduras, virus y también ciertos tipos de células cancerígenas (Ara, 1997). El otro sitio activo es aglicona flavonoide. La estructura química de estos sitios se muestra en la Figura 1. Esta planta presenta características de resistencia ante condiciones climáticas según Gibson, 2004.

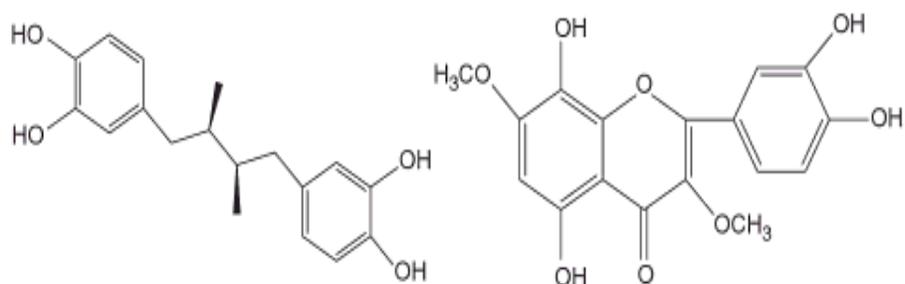


Figura 1. Estructura química de compuestos activos en *Larrea Tridentata*; a la izquierda Ácido nordihidroguaiarético (Downum *et al.*, 1988) y a la derecha Aglicona flavonoide (Gibson, 2004).

El ácido nordihidroguaiarético el cual se encuentra con mayor porcentaje en la superficie de *Larrea tridentata* (Hyder, *et al.*, 2005), es un potente antioxidante que en los años 50's, se utilizó como preservador de comida y de fibras naturales, tiene una potente actividad anti-inflamatoria (Arteaga, *et al.*, 2005) y es el principal componente fenólico de la resina que produce *Larrea tridentata*. Dicha resina actúa como una barrera que impide la pérdida de agua en la planta, además de filtrar la luz ultravioleta. Esta resina está compuesta de fenoles, saponinas, terpenoides y una cera esterificada que se estima en un 10-20 % del peso seco de la planta, principalmente en las hojas y en los tallos jóvenes (Vassao, *et al.*, 2007).

La aglicona flavonoide tiene propiedades antimicrobianas y de protección en los herbívoros (Arteaga, *et al.*, 2005). Se han identificado más de 20 agliconas flavonoides en *Larrea tridentata* (González, *et al.*, 1988). Los flavonoides forman parte de un gran número de productos naturales, sus características generales es que son solubles en agua y en etanol, absorben en la región ultravioleta visible gracias a los compuestos aromáticos y conjugados que componen su molécula (Sing, *et al.*, 1997). Algunas de sus funciones en los vegetales

son pigmentación, viabilidad del polen, interacción de planta-patógeno y brindan protección ante la luz UV, es un metabolito secundario de las plantas que se deriva por medio de la vía del siquimato, se ha encontrado que los flavonoides responden a un amplio rango de señales entre ellas la luz visible (Núñez, *et al.*, 2002).

En un estudio de compuestos fenólicos secundarios reportado por Heyder, *et al.*, (2002) mencionaron que tanto las hojas como los tallos contienen el ácido nordihidroguaiarético en un 50 %, mientras que otro estudio enlistan los lignanos presentes en el tallo los cuales son: ligandanos isoguaiacina, sus derivados 3'-demetoxi-6-demetilado y 6-demetilado, larreatricina y sus derivados 3,3''-dimetoxilado, 3-4-dehidrogenado y el 4-epi-compuesto y larreatridenticina; los triterpenos 3-beta (3-dihidroxi-cinamoil)-eritrodil; y el esteroide betasitosterol. Y en la raíz se encuentra el compuesto quinoide larreantina (Hyder, *et al.*, 2002).

Larrea tridentata es una especie vegetal que se ha utilizado para tratar agua subterránea ya que es muy eficiente para retirar cantidades considerables de salinidad según Saucedo *et al.*, (2006). Esta planta tiene algunas aplicaciones en la medicina y

en la industria de los suplementos alimenticios (Arteaga *et al.*, 2005). En el sureste de Argelia se ha utilizado *Salsola vermiculata*, una planta del desierto para remover el color azul de metileno y yodo (Bestani *et al.*, 2008).

En el año 1960's se descubrió que la planta gobernadora, al consumirse en exceso, presentaba toxicidad en el organismo que lo ingería (Arteaga, *et al.*, 2005). La citada planta se encuentra en la parte norte de México y en los estados de Arizona, California, Nevada, Texas y Nuevo México en los Estados Unidos, aunque también se han encontrado especies similares en Argentina y Bolivia (Arteaga, *et al.*, 2005), pero también en los estados de

Baja California, Sonora, Coahuila, N. León, San Luis Potosí, Querétaro, Zacatecas, Durango, estado de Guanajuato, Aguascalientes y Jalisco (Niembro, 1986). Según Treviño, *et al.*, (2007), mencionan que *Larrea tridentata* es una planta que habita las zonas áridas del norte de México, y sur de Estados Unidos, ocupando grandes hectáreas de dicho territorio.

El colorante Rojo No. 40 presenta en su estructura el grupo azo el cual está conformado por dos nitrógenos unidos por un enlace doble y cada nitrógeno está unido a sus respectivos anillos aromáticos, además estos cuentan con un grupo sulfonilo cada uno (Índice de Merck 1996) así como se muestra en la Figura 2.

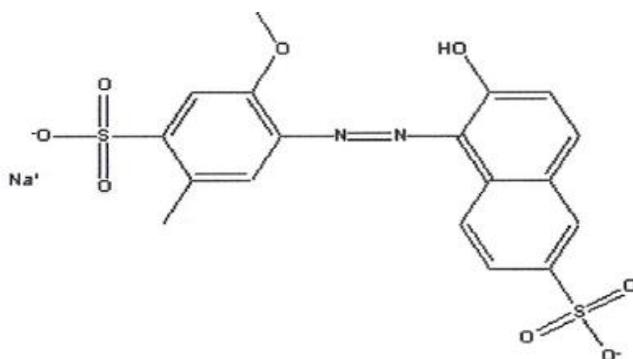


Figura 2. Estructura química del colorante Rojo No. 40. Pubchem bases de datos.

Este colorante es ampliamente utilizado en la industria de perfumería, farmacia y principalmente en los alimentos como es el caso de la producción de dulces el cual se encarga de proporcionar una coloración pastel a los diferentes tipos de dulces. Este colorante está compuesto por sacarosa con un 30-50 %, dióxido de titanio y otros componentes como agua purificada y benzoato de sodio (Colorcon).

El proceso de adsorción es un método que se utiliza para remover o minimizar una cantidad considerable de

contaminantes en el agua, el cual es rápido de operar y simple de diseñar, también para remover colorantes que resultan de efluentes industriales El término de adsorción se refiere a la acumulación de una sustancia en el punto de contacto que puede ser sólida y líquida o sólido y gas (Bestani, *et al.*, 2008).

La sustancia que se acumula en el punto de contacto se llama adsorbato y el sólido en donde ocurre la reacción se llama adsorbente. Según ciertos estudios que datan desde el año de 1773 a la fecha, este proceso se ha utilizado para remover solutos de

soluciones y gases del aire. Existen dos tipos de adsorción: la fisisorción y la quimisorción. La fisisorción es aquella en la cual se une el adsorbato al adsorbente por medio de las fuerzas de Van der Waals, mientras que la quimisorción es en la que se forman enlaces entre los componentes

mencionados en la fisisorción (Bhatnagar y Sillanpää, 2010). Este proceso de adsorción se puede ver afectado por diferentes parámetros como el tiempo de contacto entre el adsorbato y el adsorbente, el pH y la concentración del adsorbato en la solución (Abdel, *et al.*, 2003).

Materiales y Métodos

Muestreo de Larrea tridentata

En la presente investigación se utilizaron plantas con un tamaño que oscila entre los 80-150 cm de altura. Se realizó dicho muestreo en la región del Valle de Juárez, en el poblado El Sauzal, en un terreno con grava en exceso, se recolectaron cinco plantas para realizar su caracterización localizada a una Altitud N 31°35'22.5 y Longitud O 106°18'19.8.

Preparación del material adsorbente

La planta *Larrea tridentata* se lavó con agua corriente para eliminar la tierra y posteriormente con agua destilada, se colocó en una estufa de secado marca VWR™ para deshidratar, a una temperatura de 75 °C durante 72 h, la materia orgánica que resultó de la deshidratación se trituró en un molino eléctrico (Retsch® SK100) y se obtuvo un tamaño de partícula de 0.05 mm.

Así como para los análisis de adsorción y cinética se lavó rigurosamente con agua destilada y por medio de filtrado por gravedad se decantó el sobrenadante hasta obtenerlo cristalino. Esto se realizó con aproximadamente 30 g de hoja, raíz y tallo. En el caso de la hoja se lavó con agitación constante en agua a 80 °C durante dos días para eliminar lo más que se pudiera de resinas y aceites y evitar la adhesión al crisol.

Preparación de la solución patrón

Se pesaron 0.1004 g del colorante Rojo No. 40 y se diluyeron en un matraz volumétrico de 500 mL con agua destilada para obtener una concentración de 200 ppm, de la cual se partió para realizar las diluciones de la curva de calibración las cuales fueron de 1.5, 2, 4, 8, 16 32, 64 ppm y las concentraciones utilizadas para el análisis en partes por millón (ppm) fueron de 2, 5, 7.5, 10. La ecuación utilizada fue la ecuación 1 se describe a continuación:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad (1)$$

donde, C_1 es la concentración de la que se parte, C_2 : es la concentración deseada, V_1 : es el volumen que se desea obtener, V_2 : es el volumen en el que se va a aforar. Para obtener las concentraciones de la curva de calibración ya mencionadas se utilizó la ecuación 2.

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} \quad (2)$$

Preparación del material para la caracterización

El procedimiento que se realizó en general para los parámetros de pH, humedad, densidad, análisis termo gravimétrico y microscopia electrónica de barrido fue pesar 30 g de tallo y raíz y 20 g de hoja de *Larrea tridentata*, las cuales se

colocaron en una estufa de secado (marca VWR™) a 140 °C durante 1 h.

Humedad

Para determinar el parámetro humedad se pesó el material de la especie vegetal después de haber sido deshidratadas para lo cual se utilizó la ecuación 3.

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \left(\frac{P_h - P_s}{P_h} \right) 100 \quad (3)$$

Donde P_s es el peso seco de la muestra expresado en gramos, P_h es el peso húmedo de la muestra expresado en gramos.

Potencial de Hidrógeno (pH)

Para la determinación del pH se utilizaron 2 g de tallo, raíz y hoja. Cada una de las muestras se colocaron en un vaso de precipitados de 150 mL (marca PIREX) se le agregaron agua destilada y se colocaron en la platina a 80 °C durante 2 minutos en agitación constante, se retiró la muestra y se dejó reposar hasta que disminuyó la temperatura. Se calibró el potenciómetro con un buffer de 4.0 y se realizaron las mediciones.

Densidad

La determinación de la densidad se llevó a cabo colocando el material que se sacó del horno colocándose cada uno en una probeta de 100 mL (Marca PIREX), se golpeó tres veces en la mesa de trabajo para compactar el material y obtener el volumen que ocupó en la probeta registrándose en la bitácora de trabajo. Este procedimiento se realizó por triplicado con las tres partes de la especie vegetal *Larrea tridentata* y el resultado se sustituyó en la fórmula de densidad la cual se presenta en la ecuación 4.

$$D = \frac{m(g)}{v(mL)} \quad (4)$$

Donde D es la densidad expresada en gramos sobre volumen, m es la masa de la muestra expresada en gramos, v es el volumen de la muestra expresado en mililitros.

Índice de Azul de Metileno

El procedimiento presentado a continuación, es el método oficial para la determinación de la adsorción de azul de metileno. Este método se basa en la isoterma de adsorción de un solo punto para el azul de metileno en un medio de ácido acético diluido. Expresando el resultado en g de azul de metileno adsorbidos por cada 100 g de muestra, peso seco. El valor máximo no puede sobrepasar 30 g/ 100 g. las soluciones que se utilizan son ácido acético 1:1 luego se tuvo que medir 500 mL de ácido acético y aforar a 1 L con agua destilada. La solución de azul de metileno: se pesó (1.2 gr de azul de metileno cloruro, Sigma No. 1033) ó (0.85 gr de azul de metileno JTB, Q 473 [CI 52015]) en una balanza analítica con precisión de 0.1 gr, se disolvió y agitó en 100 mL de solución de ácido acético 1:1. Después se aforó a 1 L con agua destilada. A continuación se dejó en reposo durante unas horas o toda la noche.

La preparación de las muestras para esta determinación fue: se tomaron 10 mL de solución de azul de metileno y se colocaron en un matraz de 100 mL. Se agregó 5 mL de solución de ácido acético 1:1 y se aforó a 100 mL con agua destilada. Se marcó esta solución como "A". De la solución "A", se tomó una alícuota de 10 mL y aforó a 100 mL con agua destilada, en un matraz volumétrico, esta solución se marcó como "B". Se prepararon las siguientes soluciones estándar de la solución "B" y se aforó a 30 mL con agua destilada como se presenta en la tabla I:

Tabla I. Estándares para la Curva de Azul de Metileno (AM).

Número	ml solución "B"	gr de AM Adsorbidos por 100 g de carbón
1	0.00 ml	30
2	2.00 ml	28
3	5.00 ml	25
4	10.00 ml	20
5	15.00 ml	15

Se midió la absorbancia de cada una de las soluciones estándar a 620 nm, con el espectrofotómetro y se graficó el valor de absorbancia vs. g de azul de metileno adsorbido por 100 g de carbón. El aparato se calibró con agua destilada. Posteriormente se pesó 0.1 g de carbón en base seca, con precisión de 0.1 mg y colocar en un vaso de precipitado de 250 mL. Se añadieron 25 mL de solución de azul de metileno. Se agitó la solución con la muestra durante 30 minutos. Se filtró rápidamente la suspensión por gravedad con un papel de poro medio en un vaso de precipitado limpio y seco. Se descartaron los primeros 5 mL del filtrado. De este filtrado se tomaron 10 mL y se colocaron en un matraz aforado de 100 mL. Se adicionaron 5 mL de solución de ácido acético 1:1 y se aforó a 100 mL con agua destilada. Se tomaron 10 mL de la solución anterior y se aforó a 100 mL con agua destilada. Para la solución final, se leyó la absorbancia con el espectrofotómetro a una longitud de onda de 620 nm, previamente calibrado con agua destilada. Se leyó directamente de la gráfica construida anteriormente, los gramos de azul de metileno adsorbidos por 100 gr de carbón y reportarlos directamente.

Determinación Número de Yodo.

En la determinación de Número de Yodo se prepararon diluciones, las cuales fueron 500 mL de tiosulfato de sodio pesando 12.41 g de tiosulfato y se disolvió en 75 mL de agua destilada y hervida pero al enfriarse se disolvió. La solución de 50 mL de ácido clorhídrico se preparó midiendo 6.4 mL de ácido clorhídrico concentrado en 50 mL de agua destilada, esta solución es del 5%. La solución de 500 mL de Yodo al 1N se preparó pesando 6.35 g de yodo re sublimado, luego se le agregaron 9.55 g de yoduro de potasio y 10 mL de agua, la cual se agregó 5 mL por cada 10 min. Hasta que se obtuvieron 100 mL y se dejó en agitación durante 6 hr. Después transcurridas las 4 hr se le agregaron de 15-20 mL de agua destilada se aforó y se colocó en un frasco ámbar evitando que pasaran unos cristales que se formaron. La solución de yodato de potasio al 1N se utilizaron 4 g de yodato de potasio los cuales se deshidrataron a 110°C durante 2 hr, luego se colocaron en un desecador, posteriormente se tomaron 3.56 g y se disolvieron en 100 mL de agua destilada y se aforó a 1 lt. Por último la solución de almidón se preparó pesando 1 g de compuesto y se disolvió en 10 mL de agua destilada, los cuales, posteriormente se mezclaron con 1 lt de agua hervida y fría (NMX-F-296-1977).

La titulación de yodato de potasio con tiosulfato de sodio se realizó para conocer la concentración real de este último y para poderlo aplicar la ecuación 5.

$$Ni = \frac{P \times R}{S} \quad (5)$$

donde Ni concentración real de tiosulfato de sodio, P los mililitros de yodato de potasio utilizados, R concentración de yodato de potasio

Determinación del Porcentaje de Cenizas.

Se calentaron los crisoles en la mufla a 650 °C durante 1 h, luego se colocaron en el desecador para dejarse enfriar a temperatura ambiente y luego se pesaron sin muestra y con muestra ya anteriormente deshidratada. Se colocaron los crisoles en la mufla con las muestras de hoja, raíz y tallo a 650 ± 25 °C de 3-16 h. Transcurrido el tiempo en la mufla se colocaron nuevamente en el desecador hasta enfriar los crisoles y posteriormente se pesaron. El porcentaje de cenizas fue determinado con la ecuación 6.

$$\text{Cenizas Totales} = \left[\frac{D-B}{C-B} \right] 100 \quad (6)$$

donde B peso de la cápsula, C peso de la cápsula con muestra antes de colocarla en la mufla, D peso de la cápsula con muestra después de colorarla en la mufla.

Análisis Termo gravimétrico (TGA).

Se requirió pesar 1 g de tallo, hoja y raíz en una balanza analítica (OHAUS, Adventurer™) y se analizó en la empresa DELPHI donde se analizó en un equipo Perkin Elmer modelo TGA7.

Resultados

El parámetro de humedad, presentó similitudes entre tallo y raíz con 10.36 %, mientras que la hoja fue de 9.5 %; la densidad del tallo y la raíz fue prácticamente muy parecido, 0.4968, 5067 mg/mL respectivamente, aunque de la misma manera que en el porcentaje de humedad, la hoja presentó un resultado diferente, una

densidad de 0.301 g/mL; el parámetro de pH fue similar en las tres partes de *Larrea tridentata* 5.2 para raíz, 5.07 tallo y 5.15 en la hoja; por último el porcentaje de cenizas encontrado en hoja, raíz y tallo, el que tuvo un mayor porcentaje de cenizas fue el tallo con 6.57% y el menor fue la hoja con 3.26 %, como se observa en la tabla II.

Tabla II. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la hoja, raíz y tallo.

Parámetros Fisicoquímicos				
Muestras	% Humedad	Densidad (g/mL)	pH	%Cenizas
Raíz	10.36	0.4968	5.2	3.76
Tallo	10.36	0.5067	5.07	6.57
Hoja	9.5	0.301	5.15	3.26

Propiedades Texturales BET

Los resultados obtenidos del análisis de las propiedades texturales BET para cada una de las partes de la especie vegetal *Larrea tridentata* para hoja fue de 0 m²/g de área superficial BET, volumen total de poros

cm³/g, volumen de microporos 0 cm³/g, volumen de mesoporos 0 cm³/g y diámetro de poros 0 Å; para el tallo fue 11.2 m²/g de área superficial BET, volumen total de poros 0.0168 cm³/g, volumen de microporos 0.0049 cm³/g, volumen de mesoporos 0.0119 cm³/g y diámetro de poro 59.8 Å; en

cuanto a la raíz el área superficial de BET fue de 9.95 m²/g, volumen total 0.138 cm³/g, volumen de microporos 0.0046 cm³/g,

volumen mesoporos cm³/g y diámetro de poro de 55.6 Å.

Tabla III. Propiedades Texturales BET, volumen total de poros, volumen de microporos, volumen de mesoporos y diámetro de poros.

<i>Larrea tridentata</i>	A _{BET} (m ² /g)	V _{Total} (cm ³ /g)	V _{Micro} (cm ³ /g)	V _{Meso} (cm ³ /g)	D _p (Å)
Hoja	0	0	0	0	0
Tallo	11.2	0.0168	0.0049	0.0119	59.8
Raíz	9.95	0.0138	0.0046	0.0092	55.6

Isotermas de adsorción BET

Ecuación de Langmuir: $C_e/q_e = 1/(aQ_m) + C_e/Q_m$ (7)

Ecuación Freundlich: $\ln Q_e = \ln K + (1/n) \ln C_e$ (8)

donde C_e (mg/L) es que la concentración de la solución de colorante en el equilibrio, q_e o Q_e (mg/g) es la cantidad de colorante absorbido en el equilibrio. En la ecuación 7 de Langmuir, Q_m es la capacidad máxima de absorción y K_L es la constante de Langmuir, sus valores se obtuvieron a partir de la pendiente ($1/Q_m$) y la intersección ($1/aQ_m$) de la gráfica lineal de C_e/q_e versus C_e . En la ecuación 8 de Freundlich, K y $1/n$ son constantes empíricas y sus valores se calcularon a partir de la intersección ($\ln K$) y la pendiente ($1/n$) de la gráfica lineal de $\ln Q_e$ contra $\ln C_e$. Las características de la Isoterma de Langmuir se pueden expresar en términos del factor de separación dimensional R_L que está dada por la ecuación 9 (Molina-Sabio y Rodríguez-Reinoso, 2004):

$R_L = 1/(1+KaC_0)$ (9)

donde C_0 (mg/L) es la más alta concentración inicial del adsorbato, y K_a (L/mg) es la constante de Langmuir. El valor de R_L indica la forma de la isoterma de ser desfavorable ($R_L > 1$), lineal ($R_L = 1$), favorable ($0 < R_L < 1$), o irreversible ($R_L = 0$).

La hoja no tiene área superficial, además que el tallo es el que presentó la mayor área superficial y que el mayor contenido de porosidad son mesoporos. Los microporos es donde se da la mayor adsorción, el diámetro de poros es muy similar y nos dice que son poros en el intervalo de los microporos, posiblemente uno de los factores de la baja adsorción del colorante se debe primero a que las áreas superficiales son bajas y que la molécula es mayor a los poros presentes en el material

Tabla IV. Isotermas de adsorción del colorante Rojo No. 40 con la especie vegetal *Larrea tridentata* (tallo, hoja y raíz) según los modelos de Langmuir y Freundlich.

Larrea tridentata	Langmuir			Freundlich			
	Qm (mg/g)	K _L	R ²	R _L	K	1/n	R ²
Tallo	Ce/qe = 4.8589Ce + 0.2058				lnQe = 0.2575Ce - 0.1601		
	0.6179	7.863	0.951	0.0125	1.8316	0.2575	0.7311
Hoja	Ce/qe = 7.777Ce - 0.1285				lnQe = 0.1806Ce - 0.1093		
	0.8638	-	0.938	-0.0112	2.2138	0.1806	0.5451
Raíz	Ce/qe = 45.668Ce + 0.0218				lnQe = -0.7123Ce - 0.1009		
	9.0222	5.061	0.284	0.0193	2.2931	-	0.3540

Propiedades de adsorción de Índice de Metileno

A partir de la curva de calibración de Azul de metileno (AM) la cual se utilizó

para conocer cuántos gramos del colorante se adsorbieron habían sido absorbidos en 0.1 g de hoja, raíz y tallo de gobernadora. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 5.

Tabla V. Cantidad de Azul de Metileno Absorbido por las tres partes de la especie vegetal gobernadora.

Parte de la Gobernadora	mg AM / 100 g gobernadora
Tallo	0.86
Hoja	3.31
Raíz	0.0

Según los resultados obtenidos en la tabla 3 la hoja con 3.31 mg de AM en 100 g de gobernadora presentó una mayor adsorción del colorante azul de metileno lo que indica que esta parte de la especie vegetal gobernadora cuenta con mayor número de mesoporos a diferencia del tallo donde solo fue 0.86 mg AM/10 g de muestra. La raíz no presentó mesoporos de acuerdo al objetivo del Método Azul de Metileno.

Propiedades de Adsorción de Número de Yodo

Los resultados de número de yodo se muestran en la tabla IV en la cual el tallo adsorbió 656.1281 mg/g de yodo con la especie vegetal *Larrea tridentata* siendo más elevada que raíz y hoja que fueron similares con 649.3351 mg/ g de la especie vegetal.

Tabla VI. Adsorción de número de yodo con *Larrea tridentata*.

NUMERO DE YODO mg/g	
Tallo	656.1281
Raíz	649.3351
Hoja	649.3351

Análisis Termo gravimétrico

En cuanto al análisis termo gravimétrico en el cual se muestra la variación de masa por parte de hoja, raíz y tallo de *Larrea tridentata* cuando es

sometida a cambios de temperatura en atmosfera controlada indicando los porcentajes de humedad, compuestos volátiles, carbón fijo y cenizas los cuales se observan en la tabla VII.

Tabla VII. Análisis Termo gravimétrico de *Larrea tridentata*.

Larrea tridentata	Humedad %	Compuestos Volátiles %	Carbón fijo %	Cenizas %
Hoja	7.41	69.21	15.96	7.42
Raíz	2.94	74.08	20.04	2.94
Tallo	1.07	79.70	18.14	1.09

Isotermas de Adsorción de *Larrea tridentata* para la remoción del colorante Rojo No. 40.

En la tabla VIII se muestran las concentraciones del colorante que se utilizaron para probar la capacidad adsorbente de la especie vegetal *Larrea tridentata* y q_e , que se refiere a los mg de colorante adsorbidos por g de muestra. En la raíz se observó que la concentración de 2 ppm fue 0.078 mg/g la cantidad más alta adsorbida con respecto a las concentraciones de 5 ppm que fue 0.038 mg/g; 10 ppm 0.041

mg/g y la más baja cantidad adsorbida fue a 7.5 ppm con 0.01 mg/g. La hoja de *Larrea tridentata* según la tabla VI a 5 ppm adsorbió 0.234 mg/g siendo esta la mayor cantidad adsorbida de la hoja con respecto a las demás concentraciones que fueron para 2 ppm 0.047 mg/g; 7.5 ppm con la más baja 0.107 mg/g y a 10 ppm 0.146 mg/g. El tallo presentó la mayor cantidad adsorbida a 5 ppm con 0.234 mg/g con respecto a 2 ppm que fue 0.047 mg/g la más baja; 7.5 ppm adsorbió 0.107 mg/g y a 10 ppm 0.146 mg/g.

Tabla VIII. Isoterma de Adsorción de *Larrea tridentata* para la remoción del colorante Rojo No. 40.

<i>Larrea tridentata</i>	[Colorante] ppm	qe (mg/g)
Raíz	2	0.078
	5	0.038
	7.5	0.01
	10	0.041
Hoja	2	0.047
	5	0.234
	7.5	0.107
	10	0.146
Tallo	2	0.047
	5	0.234
	7.5	0.107
	10	0.146

Cinéticas de adsorción

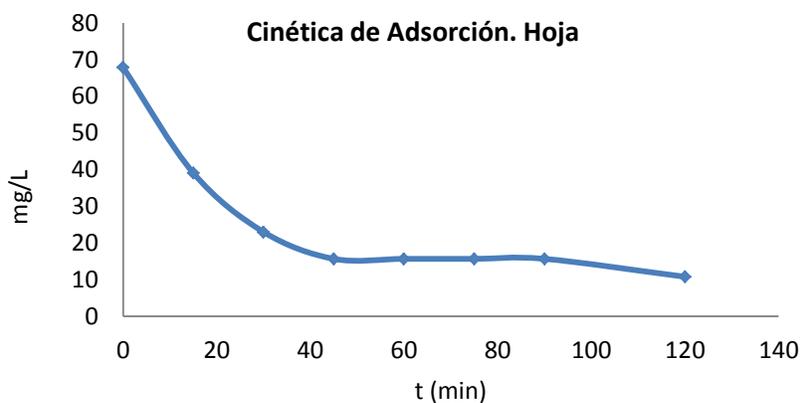


Figura 3. Cinética de adsorción del colorante Rojo No. 40 a 5 ppm con la hoja de *Larrea tridentata* durante 2 horas.

Según la figura 3 la cual pertenece a la cinética de adsorción del Colorante Rojo No. 40 a una concentración de 5 ppm con la hoja de *Larrea tridentata* durante dos horas, se comenzó a saturar el material a partir de

los 40 minutos aproximadamente transcurrido el contacto, presentando 15.63 mg/L adsorbidos del colorante por gramo de hoja.

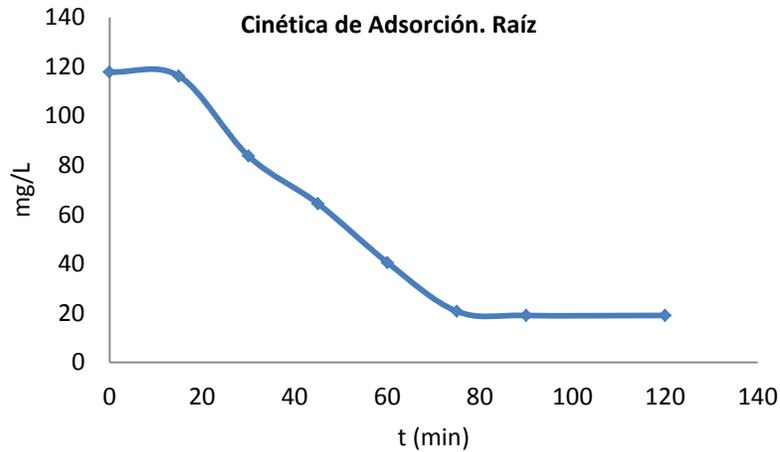


Figura 4. Cinética de adsorción del colorante Rojo No. 40 a 5 ppm con la raíz de *Larrea tridentata* durante 2 horas.

Según la figura 4 la cual pertenece a la cinética de adsorción del Colorante Rojo No. 40 a una concentración de 5 ppm con la raíz de *Larrea tridentata* durante dos horas,

se comenzó a saturar el material a partir de los 78 minutos aproximadamente transcurrido el contacto, teniendo una absorción de 20.75 mg/L del colorante por gramo de raíz.

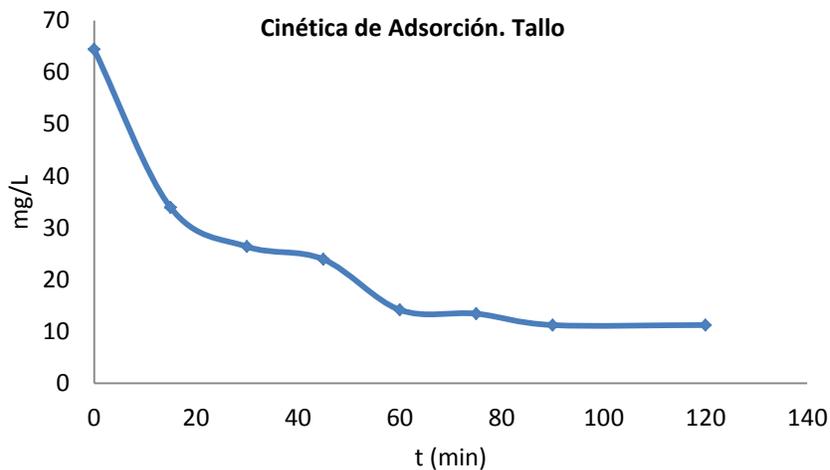


Figura 5. Cinética de adsorción del colorante Rojo No. 40 a 5 ppm con el tallo de *Larrea tridentata* durante 2 horas.

Según la figura 5 la cual pertenece a la cinética de adsorción del Colorante Rojo No. 40 a una concentración de 5 ppm con la tallo de *Larrea tridentata* durante dos horas,

se comenzó a saturar el material a partir de los 90 minutos aproximadamente transcurrido el contacto se tuvo un absorción de 11.24 mg/L del colorante por gramo de tallo.

Discusión

Caracterización fisicoquímica

El comportamiento de la caracterización fisicoquímica de *Larrea tridentata* se debió a los componentes según Arteaga, *et al.*, (2005) mencionados en los antecedentes. De manera resumida los compuestos encontrados en la resina de *Larrea tridentata* tanto en la hoja como en el tallo son los lignanos fenólicos, saponinas, Flavonoides, aminoácidos y minerales. Los cuales son los causantes de su comportamiento en cuanto las características fisicoquímicas aquí determinadas (Pérez, 2003).

Índice de metileno

El índice de metileno que ha sido reportado por Pavan, *et al.*, (2007) según los experimentos realizados con la fruta maracuyá para remover el azul de metileno fue 2.17 mg/g de material adsorbente, mientras que para las muestras obtenidas en este estudio la hoja presentó una mayor capacidad de adsorción del AM con 3.31 mg/g de material adsorbente, para el tallo fue de 0.86 mg/g y la raíz la cual no presentó capacidad de adsorción por medio de este método mostró 0.0 mg/g.

Lo anterior significa que tanto la hoja como el tallo presentan mesoporosidad y que es ahí en donde se puede quedar retenida tal cantidad de colorante, a diferencia de la raíz, la cual no presentó este tamaño de poro comprendido de 2-50 nm (Bansal, 1998). Sin embargo, ambos

resultados quedan por debajo de la cantidad adsorbida por la especie vegetal *Salsola vermiculata* del desierto de Argelia, África, ya que esta adsorbió 23 mg/g de azul de metileno, la diferencia con esta planta es que fue tratada con cloruro de Zinc antes del contacto (Bestani, *et al.*, 2008).

Número de Yodo

El número de yodo reportado en la literatura para la especie vegetal *Salsola vermiculata* fue de 272 mg/g y que en comparación con *Larrea tridentata* para las tres partes de dicha especie vegetal tallo, raíz y hoja fue y 649.3351 mg/g de yodo adsorbido respectivamente, con dichos resultados se comprueba que *Larrea tridentata* tiene mejor propiedad adsorbente según el método de número de yodo, ya que esta especie vegetal presentó una cantidad de adsorción mayor de la que se registra en la literatura. Sin embargo en cuanto a volumen de micro poros se trata la hoja presentó 0.0 cm³/g, tallo 0.0049 cm³/g y raíz 0.0046 mg/g, entonces la cantidad de yodo adsorbido por medio de la hoja se debió a interacciones en la superficie entre el colorante y el adsorbente, (Bestani *et al.*, 2008).

Isotermas de adsorción del colorante Rojo No. 40

Con respecto a los datos encontrados en la literatura se reporta que con respecto a las isotermas de adsorción utilizando de carbón activado como adsorbente, fue de

211 mg/g, mientras que en el resultado obtenido en este trabajo de investigación la mayor cantidad adsorbida fue de 0.234 mg/g tanto en hoja como en el tallo de la especie vegetal *Larrea tridentata* a 5 ppm. Con los resultados obtenidos se observó que esta especie vegetal no fue un adsorbente eficiente como lo es el carbón activado (González, *et al.*, 2007).

Cinéticas de adsorción

En la cinética de adsorción de la hoja según la figura 9, se observa que se logró llegar al equilibrio a los 40 minutos después de haber estado en contacto *Larrea tridentata* con la solución del colorante a 5 ppm se obtuvo una concentración 15.63 mg/L por gramo de hoja de esta especie

vegetal, en el caso del tallo que fue de un tiempo más prolongado (90 min) para llegar al equilibrio la cual fue de 11.2 mg/L, para la raíz que tardo más que la hoja y menos que la raíz el tiempo que tardó en llegar al equilibrio fue de 78 minutos y 20.75 mg/L del colorante Rojo No. 40. En la literatura se ha encontrado que en el caso del colorante Rojo No. 40, aunque con adsorbente diferente (zeolita modificada) se logró llegar al equilibrio a los 180 minutos con 0.5751 mg/g adsorbidos, sin embargo se muestra que las unidades en las cuales expresaron su resultado fue mg de colorante adsorbido por gramo de muestra, mientras que para este estudio con *Larrea tridentata* fue en concentración con respecto al tiempo (Torres, 2005).

Conclusiones

La elección de *Larrea tridentata* para su caracterización y comprobación de sus propiedades adsorbentes fue, porque en los desiertos tanto Mojave, Sonorense y Chihuahuense las hectáreas con las que se cuenta de esta especie vegetal es de millones. Es así que en base a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se observó que tanto la hoja como el tallo

fueron las más eficientes logrando adsorber 0.234 mg/g cuando se trata del colorante Rojo No. 40 a 5 ppm. En el método de azul de metileno fue de 3.31 mg/g de hoja, y que a diferencia de la fruta maracuyá fue más eficiente. El tallo presento una respuesta positiva en cuanto al método de adsorción de número de yodo ya que adsorbió 656.1281 mg/g lo que nos indica que su volumen de microporos es favorable.

Referencias

Abdel-Halim, S. H; Shehata, A.M.A; El-Shahat, M.L; (2003). Removal of lead ions from industrial waste water by different types of natural materials, *Water Research*, Vol. 37, p. 1638-1683.

Amahmid, O; Asmama, S; Bouhoum, K; (2002). Urban Wastewater Treatment in Stabilization Ponds: Occurrence and Removal of Pathogens, *Urban Water*, Elsevier, Vol. 4, p. 255-262.

Ara, A, R; Cien Plantas Medicinales Escogidas, Una Guía de Plantas de Todo el Mundo

Seleccionadas por su Valor Terapéutico, Editorial EDAF, (1997), p. 125.

Arteaga, S; Andrade A. C; Cardenas, R; (2005). *Larrea tridentata* (creosote bush) and abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid, *Journal of Ethno-Pharmacology*, Vol. 98, p.231-239.

Bansal, R.C; Donnet, J.B; and Stoeckli, F; *Active Carbon*. Marcel Dekker, New York, 2008.

Bestani, B; Benderdouche, N; Benstaali, B; Belhakem, M; Addou, A; (2008). *Bioresource Technology*, Vol. 99, p. 8441-8444.

Bhatnagar, A; Sillanpää, M; (2010). Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbent for water treatment A- Review, *Chemical Engineering Journal*, Vol. 157, p. 277-296.

Bielefeldt, A.R; (2009). *Water Treatment Industrial, Applied Microbiology*, p. 569-586.

Elhassidi, A; (2008). Pollution of water resource from industrial effluents: a case study-Benghazi, Libya, *Desalinization*, Vol. 222, p. 286-293.

Gibson, C. A; Sharifi, M, R; Rundel, W, P; (2004). Resprout characteristics of creosote bush (*Larrea tridentata*) when subjected to repeated vehicle damage, *Journal Arid Enviroments*, Vol. 57, p. 411-429.

González, A.C; Winsdom, C.S; Rundel, P.W; (1988). Ozone Impact on the Antioxidant Nordihydroguaiaretic Acid Content in the External Leaf of *Larrea tridentata*, *Biochemical Systematics and Ecology*, Vol.16. No. 1, p. 59-64.

González, L.V; Escamilla, E, M; (2007). Biodegradación Anaerobia de Colorantes Azoicos Textiles usando Carbón Activado. *Redalyc*.

Hyder, P. W; Fredrickson, E.L; Estell, R.E; Lucero, M.E; Remmenga, M.D; (2005). Loss of phenolic compounds from leaf litter of creosotebush [*Larrea tridentata* (Sess. & Moc. Ex DC.) and tarbush (*Flourensia cernua* DC.)], *Journal Arid of Enviroment*, Elsevier, Vol. 61, p.79-91.

Meneses, M; Pasqualino, J, C; Castells, F; (2010). Environmental Assessment of Urban Wastewater Reuse: Treatment Alternatives and Applications, *Chemosphere*, Vol. 81, Elsevier, p. 266-272.

Muga, H. E; Mihelcic, J, R; (2008). Sustainability of Wastewater Treatment Technologies, *Journal of Enviromental Management*, Elsevier, Vol. 88, p. 437-447.

Niembro, R. A; Árboles y Arbustos útiles de México, Limusa, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento De Bosques, 1986, p. 116,117.

NMX-AA-045-SCFI-2001, “Análisis de agua, determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, método de prueba”.

NMX-F-296-1977. Alimentos para uso humano. Azúcar. Determinación de Número de Yodo en muestras de carbones activados empleados en la refinación del azúcar.

NOM-001-ECOL-1996, “Establece límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales”.

Núñez, F; Carrillo, J. M; Lozano, R; *Genómica y Mejora Vegetal*, Cap. 10 *Ingeniería Metabólica*, Editorial Aedos, 2002, p. 418-419.

Olguín, G. Ma. T; Guzmán, M.K; Adsorción de Color Verde Limón por Residuos de Mango y Zeolita Natural del Estado de Michoacán, Informe Técnico, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, 2010.

Olivas, M. S; *Plantas Medicinales del Estado de Chihuahua*, Vol.1, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 1999, pp. 11,59.

Pavan, F.A; Mazzocato, A. C; Guchikem, Y; (2008). Removal of methylene blue dye from aqueous solutions by adsorption using yellow passion fruit peel as adsorbent, *Bioresource Technology*, Vol. 99, p. 3162-3165.

Pérez, P.P; (2003). Actividad antioxidante de extractos, fracciones y compuestos aislados de la planta *Larrea tridentata*. Proyecto de Investigación, Universidad Autonoma Metropolitana Iztapalapa.

Rai, M; Carpinella, M, C; (2006). *Advanced in Phytomedicine, Naturally Occurring Bioactive Compounds*, Elsevier, Vol. 3, p. 326, 328.

Saldaña, P; Lerdo, T.A; Gómez, M.A; López, R; (2002). La importancia de incluir análisis de toxicidad en descargas industriales y municipales que afectan a los cuerpos receptores, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, p 1-11.

Saucedo, D; Sammis, T. W; Picchioni, G. A; Mexal, J.G; (2006). Wastewater Application and Water Use of *Larrea Tridentata*. *Agricultural Water Management*, Elsevier, Vol. 82, p. 343-353.

Sing, O. L; Colorantes Naturales, Cap. III Flavonoides, Universidad Pontificia del Perú, 1997, p. 71-90.

Treviño, B. C; Luis, M; Contreras, J. C; Rodríguez, R; Aguilera, A; Aguilar C, L; (2007). Bioresource Technology, Gallic acid and tannase accumulation during fungal solid state cultura of a tannic-rich desert plant (*Larrea tridentata* Cov.), Vol. 98, p. 721-724.

Vassáo, D. G; Kim, S. J; Molhollan, J. K; Eichinger, D; Davin, L. B; Lewis, N. G; (2007). A pinoresinol-lariciresinol reductase homologue from

the creosote bush (*Larrea tridentata*) catalyzes the efficient in vitro conversion of p-coumaryl/coniferyl alcohol esters into the allyphenols chavicol/eugenol, but not the propenylphenols p-anol/isoeugenol, Archives on Biochemistry and Biophysics, Vol. 465, p. 209-218.

Yam-Canul, P; Chirino, Y. I; Sanchez, D. J; Martinez, C. M; Cruz, C; Villanueva, C; Pedraza, J. C; (2008). Nordihidroguaiaretic Acid attenuates potassium dichromate- induced oxidative stress and nephrotoxicity, Food and Chemical Toxicology, Vol. 46, p. 1089-1096.