

Multidisciplinas de la Ingeniería

Vol. 11, No. 18. Noviembre 2023 – Abril 2024

<http://www.multidisciplinasdelaingenieria.com>

EISSN: 2395 - 843X

Semestral



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Rector

Dr. Santos Guzmán López

Secretario General

Dr. Juan Paura García

Secretario Académico

Dr. Jaime Arturo Castillo Elizondo

Secretario de Extensión y Cultura

Dr. José Javier Villarreal Álvarez Tostado

Director de Editorial Universitaria

Lic. Antonio Ramos Revillas

Director de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Dr. Arnulfo Treviño Cubero

Director de la Revista Multidisciplinas de la Ingeniería

Dr. Arturo Torres Bugdud

Editores Responsables

Dra. Martha Elia García Reboloso

M.A. Alfredo López Vázquez

Edición web

M.A. Juan Pablo Garza

M.A. Juan Diego Guerrero Villegas

Edición de estilo y formato

M.A. Juan Diego Guerrero Villegas

Multidisciplinas de la Ingeniería, Vol. 11, No. 18. Noviembre 2023 - Abril 2024. Es una publicación semestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Domicilio de la publicación: Av. Pedro de Alba S/N, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 64440. Teléfono: + 52 81 83294020. URL: <http://www.multidisciplinasdelaingenieria.com>

Editores Responsables: Martha Elia García Reboloso y Alfredo López Vázquez. Reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2014-102111590900-203. EISSN: 2395-843X. Ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: en trámite. Responsable de la última actualización: Juan Diego Guerrero Villegas, Av. Pedro de Alba S/N. Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L., México. Fecha de última actualización: 01 de noviembre 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

La Revista tiene un Consejo Editorial conformado por miembros de la Universidad Autónoma de Nuevo León y un Comité Científico Internacional con representantes de diferentes partes del mundo. La Revista cuenta con un banco de árbitros(as) pares externos especialistas para el proceso de arbitraje.

El sistema de arbitraje: todos los trabajos serán sometidos al proceso de dictaminación con el sistema de revisión por pares externos, con la modalidad doble ciego.

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales.

Págs. 1 – 13

Construyendo una web API con la arquitectura n capas

Págs. 14 – 25

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

Págs. 26 – 39

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca sattivá

Págs. 40 – 48

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

Págs. 49 – 60

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

Págs. 61 – 71

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

Págs. 72 – 83

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Págs. 84 – 94

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

Behavior of power quality employing industrial electric motor drives.

Luis Gerardo Garza Reyes¹
Luis Alonso Trujillo Guajardo²
Paz Vicente Cantú Gutiérrez³

RESUMEN

Los variadores de frecuencia han traído consigo una serie de ventajas en el control de motores eléctricos para solventar las actividades humanas en el sector industrial. Sin embargo, los variadores de frecuencia son considerados dispositivos de electrónica de potencia en el que, por su construcción, inyectan armónicos distorsionando las señales instantáneas en la red. Se realiza el estudio de la calidad de la energía eléctrica en una instalación tipo industrial utilizando un variador de frecuencia marca weg a un motor eléctrico de baja tensión ac empleando la herramienta de simulación “easy power” y, siguiendo el estándar de calidad ieee estándar 519 – 2014, se determina la afectación a la red eléctrica y las posibles soluciones.

PALABRAS CLAVES: Variadores de frecuencia, Calidad de la energía, Armónicos, Easypower, señales instantáneas.

Fecha de recepción: 30 de noviembre, 2022.

Fecha de aceptación: 27 de junio, 2023.

¹ Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Av. Pedro de Alba S/N Ciudad Universitaria, 66455 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. gerardo.garzarays@uanl.edu.mx

² Profesor Investigador de la Maestría en Ingeniería con Orientación en Eléctrica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Av. Pedro de Alba S/N Ciudad Universitaria, 66455 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. luis.trujillojgr@uanl.edu.mx

³ Jefe de Departamento de Iluminación y Alta Tensión de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Av. Pedro de Alba S/N Ciudad Universitaria, 66455 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. paz.cantugt@uanl.edu.mx

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

ABSTRACT

The variable frequency drives have brought a series of advantages in the control of electric motors to solve and make easy some human activities in the industrial sector. However, the frequency converters are power electronics devices in which, due to their construction and operation, inject harmonics to the electric network, distorting the instantaneous voltage and current signals. The study of the quality of electrical energy in an industrial type installation is carried out using a weg brand frequency inverter to a low voltage ac electric motor using the "easy power" simulation tool and following the ieee standard 519 quality standard. – 2014, the affectation to the electrical network and the possible solutions are determined.

KEYWORDS: Variable Frequency Drive, Power Quality, Harmonics, Easypower, instantaneous signals.

INTRODUCCIÓN

A través de los años, la demanda eléctrica ha ido en incremento permitiendo satisfacer las actividades humanas en cualquier ámbito a nivel mundial. En cambio, el sector industrial, ha requerido de la demanda eléctrica y de la continuidad del suministro para solventar las actividades laborales. No sólo la demanda, sino también en el control eléctrico, con el fin de adaptar la energía a las necesidades de distintos tipos de cargas empleadas.

Por otro lado, los motores eléctricos, han sido de gran importancia en los últimos años, dando un gran impacto de ese sector permitiendo un sostenimiento en la productividad y crecimiento económico. En dicho sector, someten a estos motores eléctricos a velocidades variables, provocando así su corta vida de operación, así como también en el consumo de energía. Es por eso que se aplican los variadores de frecuencia o de velocidad.

Los variadores de frecuencia (Variable Frequency Drive, VFD) o velocidad son precisamente aquellos dispositivos de electrónica de potencia que permiten dar un control de velocidad, torque y la dirección de giro de los motores eléctricos, además, de permitir un adecuado funcionamiento del proceso donde es aplicado este tipo de sistemas.

Sin embargo, a pesar de las ventajas que se obtienen en relación operativa de la máquina eléctrica, su diseño y operación es el causante de la alteración de las señales instantáneas de voltaje y corriente en el lado de suministro de energía hacia el VFD.

Principio de funcionamiento.

Estos dispositivos electrónicos son denominados variadores de velocidad (o de frecuencia) debido a que ambos parámetros están muy ligados respecto a la operación de un motor eléctrico de corriente alterna (AC). El autor Arana (2017) menciona que “La frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que, al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad de la flecha, y al reducir el valor de la frecuencia disminuirá la velocidad del eje” [1].

Explica que, los variadores “mantienen la razón Voltaje / frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimos y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de la salida del motor” [1].

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

Estructura.

Todos los variadores de frecuencia o de velocidad, tienen un circuito interno, en el que consiste en transformar la señal AC a DC (empleando un puente rectificador de diodos y filtros capacitivos que permiten suavizar la señal) y a su vez una transformación de esa señal rectificada a una señal sinusoidal (empleando un inversor con transistores llamados “IGBT’s”) [1]. En la siguiente imagen (Figura #1) se muestra la estructura interna de un variador de frecuencia (drive).

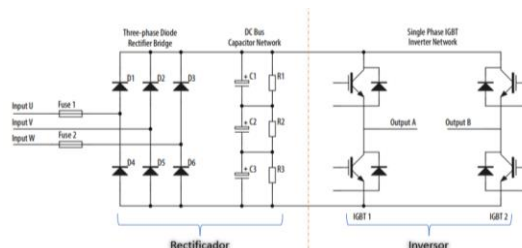


Figura #1. Estructura interna de un variador de frecuencia de media tensión del modelo PowerFlex 6000 [7].

Los VFD's tienen una gran amplia gama de variedades en las que se emplean dependiendo de la aplicación que se le dé al motor eléctrico.

Tipos de variadores.

Existen variadores que se aplican en motores de corriente alterna (AC) en media y baja tensión, así como también en motores de corriente directa (DC). Se emplean dependiendo de las aplicaciones que se deseen operar y de las características (placa de datos) que posea el motor.

a. VFD's de AC: Controlan los parámetros exclusivamente a motores de AC, se categorizan principalmente por dos tipos: Variador de frecuencia de voltaje de entrada (Permite transformar una nueva tensión AC mediante la introducción de una serie de onda cuadrática a diferentes voltajes [2]) y el Variador de frecuencia de fuentes de entrada (Tipo de variador de frecuencia en el que fuerzan una onda cuadrática de corriente en oposición a la tensión. Este tipo de variadores requieren de un gran inversor para mantener constante la corriente [2])

b. VFD's de DC: La diferencia que se tiene ante un Variador de AC es que los circuitos de derivación y los inductores se encuentran por separado, además de que en este tipo de variador en DC se adapta a cualquier aplicación, el detalle que se tiene es debido al gran presupuesto que se requiere invertir para su implementación, sin nombrar el mantenimiento costoso que se le debe de dar a los motores de DC. Son los primeros variadores que se han aplicado en el sector industrial [2].

c. VFD's de ancho pulso modulado (PWM): Los PWM son los más empleados debido a que permite al motor ser más eficiente, ya que permite controlar la frecuencia de la tensión de salida. Rihuae explica que se compone de transistores que conmutan la corriente directa a diferentes frecuencias y por lo tanto ofrecen una serie de pulsos voltaje al motor. [2]

Ventajas y Desventajas.

Se tienen más ventajas en el empleo de estos variadores en los motores, Arana menciona las siguientes ventajas refiriéndonos a los variadores en AC: Arranques suaves, progresivos y sin saltos; Limita la corriente de arranque; Protege al motor en la detección y control de la falta de fase a la entrada y salida de un equipo; Permite el control de rampas de aceleración y desaceleración regulables del equipo; Permite dar un ahorro de energía cuando el motor esté en funcionamiento parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia; Puede controlarse directamente a través de un autómata o microprocesador; Permite ver las variables de tensión, velocidad, frecuencia, etcétera. [1]

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

Las desventajas en el uso de estos variadores en los motores, por lo general, es demasiado costoso y se requiere de la revisión de la ficha técnica de la máquina eléctrica para la selección adecuada del variador. Tales como: tensión nominal, corriente nominal, tipo de aislamiento, factor de servicio, eficiencia, velocidad y frecuencia, así como también del estudio de las especificaciones del fabricante. A pesar de que en DC se tiene las mismas ventajas, su funcionamiento es lo que lo diferencia de la corriente alterna, ya que en DC lo que se controla es la velocidad, voltaje en terminales y la manipulación de las corrientes de campo.

En conclusión, los Drives modifican la relación de voltaje/frecuencia del motor, son empleados debido a las necesidades de control hacia la máquina y forman parte de la electrónica de potencia, capaces de dosificar correctamente la energía suministrada al proceso industrial [5]. Sin embargo, como se ha mencionado, el empleo de los variadores de frecuencia provoca distorsiones en las señales instantáneas en la red, debido a su construcción. Aplicarlos implica un impacto significativo en la calidad de la energía debido a que los drives son considerados como cargas no lineales por la modificación de éste parámetro, además en la calidad del suministro.

FUNDAMENTOS TEORICOS

Calidad de la energía.

Diversos autores han determinado que el concepto de “Calidad de la energía” no existe una definición como tal. Harpez (1999) menciona en su libro *El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica* como “una ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicos en la red y variaciones de voltaje rms suministrado al usuario” [3]. *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) menciona dos definiciones al concepto de la calidad de la energía: Haciendo énfasis a las señales instantáneas.

1.- “El concepto de mantener formas de onda y frecuencia de voltaje y corriente apropiadas en sistemas de transmisión, distribución y generación, y generalmente se entiende como formas de onda distorsionadas y balanceadas” [6].

2.- “Una medida de un suministro eléctrico para satisfacer las necesidades de una determinada aplicación de equipo eléctrico. Tal como lo entrega la empresa de servicios públicos, la calidad de la energía es la fidelidad del voltaje de línea para mantener una forma de onda sinusoidal en el voltaje y la frecuencia nominales” [6].

Otra definición es la que menciona Kennedy en su libro *Calidad de la energía (Power Quality)*, que nos presenta el concepto de “problema de calidad de la energía” y lo define como: “cuando la onda sinusoidal en 60 Hz de la fuente de energía de voltaje alterno está distorsionada” [4]

Armónicos

Parámetro que genera inestabilidad en las señales instantáneas en la red, y esto es debido al suministro eléctrico que se les da hacia los dispositivos electrónicos por ser cargas no lineales. Precisamente los dispositivos electrónicos o también denominados cargas no lineales, son la principal causa de las distorsiones que ocurren en las señales instantáneas de voltaje y corriente. Por su diseño, estos provocan la inyección de armónicos dando como resultado la perturbación de las señales que da el suministro y hacia las cargas. (Figura #2). Es entonces que todo equipo que tenga fuentes conmutadas, rectificadores, inversores, etc., se caracterizan como cargas no lineales. Los armónicos son aquellos voltajes y corrientes sinusoidales que tienen frecuencias que son múltiplos de la frecuencia fundamental del sistema eléctrico (Figura #3). Estos se originan por las características no lineales de los dispositivos y cargas no lineales en la red eléctrica. [8]

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

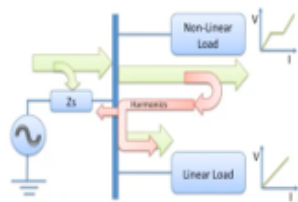


Figura #2. Dibujo esquemático de la inyección de armónicos de una carga no lineal hacia el suministro y a otras cargas [8]

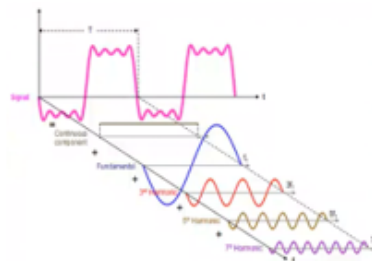


Figura #3. Ejemplo de una señal distorsionada medida con armónicos y su descomposición [8]

Estos múltiplos de la frecuencia fundamental pueden representarse mediante gráficos y, por ende, posible de obtenerlos mediante la aplicación de la Serie de Fourier (Ecuación #1). Como menciona Pinyol: “Cualquier señal periódica compleja, regulares e integrables, se puede obtener de la suma de diferentes ondas sinusoidales “puras” de diferentes frecuencias y amplitudes, múltiplos de la frecuencia fundamental” [8]. Y se puede representar como:

$$f(t) = C_0 + \sum_{n=1}^N A * \sin(hwt + \theta)$$

Ecuación 1. Serie de Fourier [8]

Índices de calidad de la energía.

Dentro del estudio de armónicos en la calidad de la energía existen índices en el que permiten determinar qué tan mala es la señal en el suministro que pueden afectar a los equipos, esto empleando equipos de monitoreos que lo determinan. Todos los índices de la calidad de la energía y los equipos de monitoreo se rigen bajo la normatividad “Código de red de interconexión” (Standard IEEE – 519 - 2014) para calidad de la energía. A continuación, se clasifican ciertos tipos de índices de calidad de la energía que más destacan regidos por el Estándar IEEE – 519 – 2014 sección “Calidad de la energía”:

Distorsión Armónica Total (% THD): Índice más utilizado que permite describir los problemas de calidad de la energía en sistemas de transmisión y distribución. Aquí se considera la contribución de cada armónico individual en la señal. Se definen tanto para señales de voltaje y corriente (Ecuación #2) [10]. Se define como la relación entre el valor eficaz de todos los armónicos y el valor eficaz de la frecuencia fundamental [10].

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \quad THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad THD = \frac{\text{Valor rms de la distorsión}}{\text{Valor rms de la fundamental}}$$

Ecuación 2. Distorsión Armónica Total de corriente y voltaje, ecuaciones representativas [10]

Espectro Armónico: En el estudio de armónicos en la calidad de la energía es posible obtener información denominados “espectros de magnitud armónica” (Figura #4), y pueden ser de tipo voltaje y corriente. La obtención de la señal de este tipo es por medio de una transformada rápida de Fourier y los equipos de monitoreo que miden la calidad de la energía traen consigo esta programación. La Transformada rápida de Fourier permite transformar de una señal sinusoidal fundamental y sus múltiplos (dominio del tiempo) en un gráfico de barras representativo denominado espectro de frecuencia (dominio de la frecuencia).



Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

Hablar sobre la calidad de la energía es de gran importancia debido a que los usuarios de alrededor del mundo emplean dispositivos electrónicos. Kennedy expone que desde la década de los 70's ha ido en incremento de los costos ocasionados por la calidad de la energía (Figura #5) y es "por causa de las distorsiones armónicas que inyectan los dispositivos electrónicos" [4].

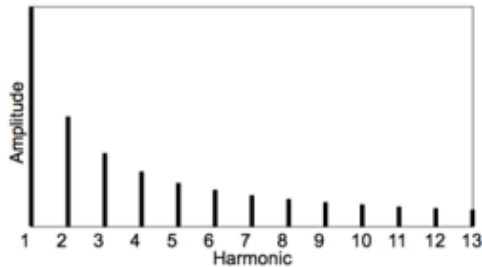


Figura #4. Espectro armónico de las amplitudes de los armónicos normalizados. [11]

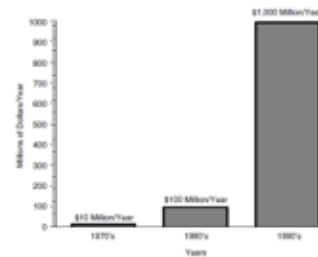


Figura #5. Incremento en el costo de la calidad de la energía entre las décadas 70's & 90's en Estados Unidos. [4]

JUSTIFICACIÓN

Los variadores de frecuencia son considerados cargas no lineales por su construcción. Estos inyectan armónicos provocando una perturbación de las señales instantáneas.

El propósito de este tema de investigación es demostrar qué tanto se mejora o afecta la calidad de la energía en el suministro eléctrico empleando un variador de frecuencia de la marca WEG con el fin de determinar si, los valores de armónicos obtenidos, se encuentran dentro de la estandarización IEEE 519, configurándolo acorde a la ficha de datos del fabricante.

METODOLOGÍA

Se llevará a cabo un caso de estudio utilizando un diagrama eléctrico industrial (Figura #6) en que en él se analizará la calidad de la energía de la red, utilizando la herramienta computacional llamada EASY POWER. [13].

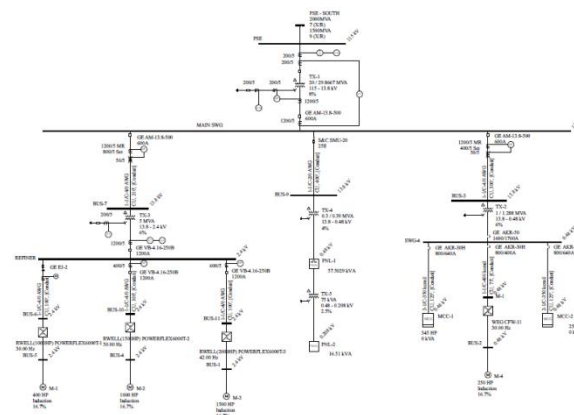


Figura #6 Diagrama eléctrico industrial a analizar los armónicos [13]

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

Consistirá la simulación de un escenario en baja tensión configurando el drive a un PWM del 75% de carga, con la finalidad de demostrar la alteración de los parámetros de la frecuencia de salida del variador, además, de modificar el porcentaje de carga PWM que configurará el drive al motor. Todo acoplándolo a su nivel de tensión y parámetros nominales. Por temas de simulación, se realizará la modificación de la carga (motor) al escenario definido. Además, de demostrar qué tanto se perturba la red eléctrica sometiendo al drive a cambios constantes de la frecuencia de salida. Se utilizará, además, la herramienta computacional “MATLAB” para el sencillo empleo de cálculos y la obtención de gráficos de las señales armónicas.

Definición del escenario de análisis.

El sistema eléctrico tomado de la librería de EASY POWER está configurado a un sistema nominal a 60 Hz, teniendo un sistema base de 10 MVA. La acometida de la red está definido a un valor de 115 kV, transformando la tensión a 13.8 kV y posteriormente a una baja/media tensión en la carga hasta los 0.48 kV y los 2.4 kV. Se enfocará el estudio de la calidad de la energía empleando un variador de frecuencia al motor de baja tensión (0.48 kV). Para el estudio de armónicos no es necesario tomar en cuenta el sistema de protección del sistema, debido a que los armónicos no infieren o alteran a los elementos de protección. El motor que se aplicará en el escenario tendrá los parámetros mencionados en la Tabla #1 [13].

Tabla 1. Placa de datos del motor a baja tensión [13]

Motores BUS SWG-4 @ 480 V	Potencia (HP)	FLA (A)	KVA	PF	Eff
M4	250	310	246.99	0.82	0.91

Se empleará el variador de frecuencia marca WEG (Figura #7) definida a su nivel de tensión. Adaptada de acuerdo con el nivel de tensión del motor (Tabla #2).

Tabla 2. Placa de datos WEG modelo CFW11-0370 T 4 [9]

Marca	WEG
Modelo	CFW11-0370 T 4
Tipo	Variador de frecuencia de seis pulsos
Rangos	480 V (Tensión máxima) No más del -15% & +10% de la nominal como tolerancia.
Potencia (Hp)	300
Aplicación típica	Para motores de inducción. Uso con régimen de sobrecarga nominal (ND)
Frecuencias (Hz)	50/60
Factor de potencia (%)	94
Eficiencia (%)	97



Figura #7. Variador AC de baja tensión modelo CFW11-0370 T 4, marca WEG [9]

El caso de estudio tendrá las siguientes especificaciones, mostradas en la Tabla #3 [13].

Tabla 3. Escenario. Parámetros al drive de baja tensión [13]

DRIVE OPERANDO			
Motor	Potencia del drive (Hp)	Frecuencia de salida (Hz)	PWM (% load)
M4	300	30	75

Modificando las cargas por debajo del 100% (condiciones nominales) se consigue un bajo factor de potencia, pero manteniendo la eficiencia. (basándose en las curvas de % Eficiencia vs. % Carga exclusivamente al 75% Figura #8). Por ende, se realizarán modificaciones a la carga y al factor de potencia @ 75% como indica la Tabla #4. [12]



Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

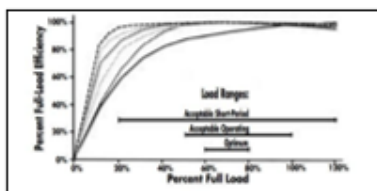


Figura #8. Curvas de porcentaje de eficiencia contra porcentaje de carga [12]

- CONFIGURACIÓN DE LA CARGA (MOTOR) @ 75%

Tabla 4. Asignación de parámetros @ 75% de carga [12]

MOTOR	FLA @ 75% LOAD	kVA @ 75% LOAD	PF @ 75% LOAD	Eff @ 75% LOAD
M4	232.5	185.2425	0.615	0.91

Se insertan los variadores de frecuencia entre el alimentador y la carga (motor) y se procede a insertar las especificaciones de datos. En EASY POWER se determina el número de armónico para el drive de 6 pulsos y, además, el porcentaje de corriente armónica. Para definir el porcentaje de corriente armónica al sistema se aplicará desde la librería de EASY POWER PWM's al 100% y 65% de carga (Tabla #5) para lograr determinar el PWM al 75% de carga. Esto con el propósito de definir al escenario a un caso a lo más fidedigno posible. [13]

Tabla 5. Valores de drives tipo industrial. PWM del 100% hasta el 14% de carga, obtenido de la librería de EASY POWER [13]

PWM %load / n	1	2	3	4	5	6
100	37	22	11	8	5	4
65	39	20	10	9	5	5
42	47	19	7	11	5	5
37	48	27	12	8	7	6
26	60	33	9	9	6	5
14	70	44	10	9	9	5

Se requiere obtener los valores de PWM @ 75% de carga. Por ello se aplican la interpolación entre los valores del 100% y 65% de carga (Tabla #6).

Tabla 6. Valores de PWM del 75% de carga para el escenario.

PWM %load / n	1	2	3	4	5	6
100	37	22	11	8	5	4
75	38.42	20.57	10.28	8.71	5	4.71
65	39	20	10	9	5	5

Para determinar el número de armónicos es importante determinar el número de pulsos que tienen los drives. Se sabe que el drive a implementar para baja tensión es de la marca WEG del modelo CFW-11-0370 T 4 de 6 pulsos. Se implementa una ecuación en que determina dichos números:

$$\text{Número de armónico} = (P) * n \pm 1$$

Donde P es el número de pulsos del drive y n es el orden del armónico (1, 2, 3...). En cada operación contiene dos resultados, por lo tanto, se aplicará tres veces la ecuación para obtener los seis resultados (Tabla #7), esto acorde al porcentaje de corriente armónica previamente obtenida.



Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

Tabla 7. Número de armónicos pertenecientes al drive WEG de 6 pulsos

# Pulsos / n	1	2	3	4	5	6
6	5	7	11	13	17	19

Por lo tanto, se procede a insertar los valores obtenidos al drive de 6 pulsos acorde al escenario (Figura #9) definido con su respectivo porcentaje de corriente armónica.

	Harmonic Number	Harmonic Current%	Current Angle
1	5	38.42857	0
2	7	20.57143	0
3	11	10.28571	0
4	13	8.714286	0
5	17	5	0
6	19	4.714286	0

Figura #9. Configuración de armónicos al drive de 6 pulsos.

Finalmente, se modificará el parámetro de la corriente fundamental para el drive. De los datos insertados muestra al 100% de carga acorde a la potencia definida en el drive, por ende, hay que modificarlos para el 75% (empleando regla de tres simple). Con los datos y parámetros definidos para cada Escenario, se procede a utilizar una función del Easy Power llamada "Harmonics" en la que analizará la inyección de armónicos del VFD a la red. Se llevará a cabo el análisis de corriente (conductor del M4) y voltaje (bus SWG-4). Se obtiene el espectro armónico del BUS SWG-4 y del conductor que alimenta al Motor (Figura #10).

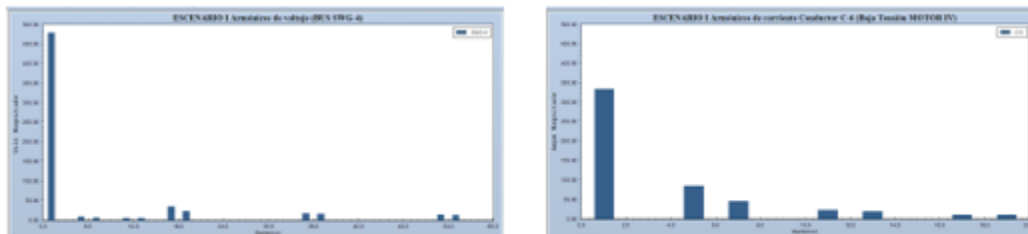


Figura #10. Espectro armónico de voltaje obtenido en Easy Power medido en el BUS SWG-4 y de corriente del conductor C-6 [13]

Inyección de armónicos obtenidos.

Tabla 8. Inyección de armónicos que recibe el BUS SWG-4 (Voltaje) y del Conductor de baja tensión C-6 (Corriente) [13]

HARMONIC	VOLTAGE	AMPS
1	480	335
5	8.71764	85.08981
7	6.52834	45.55019
11	5.12649	22.77548
13	5.13258	19.29612
17	35.36714	11.07739
19	22.95427	10.44306
35	17.86432	0.00645
37	16.07084	0.00614
50	13.82033	0.00756

Empleando la herramienta de cálculo computacional MATLAB se grafican los armónicos obtenidos en el caso de estudio previamente expuestos (espectros armónicos) [Tabla #8]. Se insertan los datos



Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

de las amplitudes (Voltaje y corriente) y, además, la fórmula de la Serie de Fourier para llevar a cabo la obtención de la señal al dominio del tiempo. Se define la frecuencia nominal a 60 Hz y posteriormente se inserta el valor de ω_0 , que por definición es: $\omega_0 = 2\pi f$

Donde ω_0 es la frecuencia angular y f es el valor de la frecuencia del sistema (nominal).

Se definen los ángulos a 0° , ya que no se considerará los desbalances que puedan existir en el sistema. Después se inserta el valor de los armónicos de 6 pulsos definido como vector. En MATLAB, definir vectores es insertar los valores entre corchetes, como se muestra en lo siguiente:

$$h = [1 \ 5 \ 7 \ 11 \ 13 \ 17 \ 19 \ 35 \ 37 \ 50]$$

En seguida, se programa la cantidad de número de ciclos que se desean simular para determinar el comportamiento de la onda a un determinado número de ciclos y la resolución de la señal.

```
%% Valores por ciclos
c=input('¿Ciclos totales de la señal?: ');
res=input('Resolución de la señal: '); %256 muestras por ciclo
```

Posteriormente se define las muestras totales por señal, la frecuencia de muestreo, el periodo de muestreo mediante la siguiente codificación.

```
mx=res*c; %Muestras totales por señal
Fsr=res*f; %Frecuencia de muestreo
Tsr= 1/Fsr; %Periodo de muestreo
%% Cantidad de ciclos de la señal
%x=; %Número de ciclos
Lx = mx; %Longitud de la señal
%t=0: Tsr: ((c/60));
t = (0:Lx-1)*Tsr;
```

Se aplica la ecuación de la Serie de Fourier para cada armónico insertado en el MATLAB. Como en el sistema no hay ningún componente de DC, entonces $C_0 = 0$. Por ende la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$f(t) = \sum_{n=1}^N A * \sin(hwt + \theta)$$

Quedando en el MATLAB lo siguiente:

$$f1(t) = A_1 * \sin(h(1,1) * \omega_0 * t + ang1); f5(t) = A_5 * \sin(h(1,2) * \omega_0 * t + ang5); \dots; f50(t) = A_{50} * \sin(h(1,10) * \omega_0 * t + ang50);$$

Donde h se inserta el valor del vector a la ecuación (para el armónico 1 se inserta el valor de la fila 1 columna 1, para el armónico 5 se inserta el valor de la fila 1 columna 2...) refiriéndose al armónico. Aplicada la Serie de Fourier para cada armónico a analizar se procede a realizar la sumatoria del resultado de cada armónico.

$$f(t) = \sum f1(t) + f5(t) + f7(t) + \dots + f50(t)$$

Por temas de resolución, se insertarán los datos a 3 ciclos y a 256 muestras por ciclo para obtener la señal armónica lo más visible posible.

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

OBTENCIÓN DE GRÁFICOS AL DOMINIO DEL TIEMPO.

Armónicos de voltaje BUS SWG-4

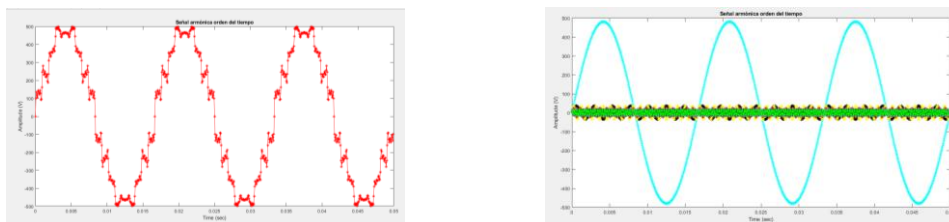


Figura #11. Señal general y armónicas obtenidas del BUS SWG-4 [13]

Armónicos de corriente. CONDUCTOR BAJA TENSIÓN.

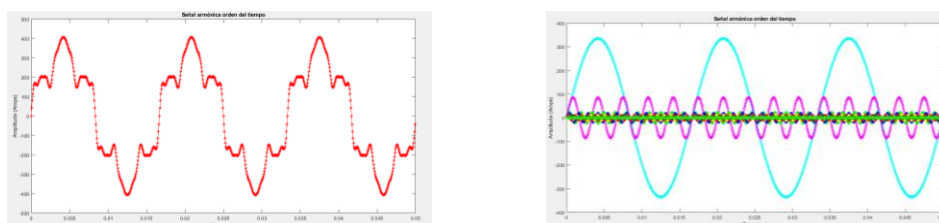


Figura #12. Señal general y armónicas del conductor del motor de baja tensión [13]

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con la obtención de las señales armónicas al dominio del tiempo (Figuras #11 y #12) se puede observar que sí existe una distorsión armónica en la red en la que se ven perturbadas las señales instantáneas de corriente (conductor) y voltaje (bus). Además, que, en la red, hubo un cambio en el nivel de tensión en el que si disminuimos la frecuencia de salida del drive existe una disminución en el nivel de tensión y un aumento en el nivel de corriente y viceversa (Tabla #9), manteniendo así la potencia en la flecha del motor (carga) [Figura #13].

Escenario – baja tensión.

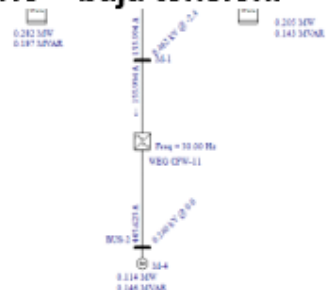


Figura #13 Comportamiento de la carga en baja tensión [13]

Resultados.

Motor	Frecuencia de salida (Hz)	Corriente (A)	Voltaje (kV)	Potencia (MW)	Potencia (MVAR)
M4	30	445.625	0.240	0.114	0.146



Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

- Informe de espectro de armónicos. Valor de VTHD y ITHD obtenidos en Easy Power. Implementando el variador de frecuencia a su parámetro definido, obtenemos los siguientes valores de VTHD e ITHD.

Tabla 10. Valor de VTHD e ITHD obtenidos [13]

Bus Summation Results Summary Report						Branch Summation Report				
BUS		VOLTAGES				Name	From BUS	h (1)	ITHD (%)	ITHD (Amps)
Name	Base(V)	VTHD (%)	VTHD(V)	VRSS(V)	VSUM(V)					
SWG-4	480.0	11.22	53.9	483.0	625.2	C-6	SWG-4	335	30.50	102.2

Los resultados obtenidos (Tabla #10) son los ITHD de los armónicos totales, por lo que se debe de obtener la relación de corriente de cortocircuito en los puntos de conexión común ($I_{CC_{PCC}}$) respecto a la corriente de demanda máxima. ($I_{demanda\ máxima}$) en el escenario. La corriente de corto circuito en los PCC se refiere al " I_{CC} " en todos los buses. La corriente de demanda máxima se refiere al conductor que suministrará a los buses. Acorde a los datos obtenidos, se consulta a la IEEE Estándar 519 – 2014, en la sección número cinco "Límite armónico recomendado" y se determina que, los valores obtenidos de VTHD, no cumplen con la normativa, concluyendo también que los ITHD obtenidos tampoco cumplan dentro del estándar IEEE 519-2014 debido a que ambos parámetros están muy ligados al comportamiento de las señales instantáneas. El método de solución recomendado de la mala calidad en la red es aplicando la "Metodología de cálculo y sintonización de filtros pasivos de armónicos", puesto que se encuentra ya instalado el variador de frecuencia a la red y, además, se detectó que existe un bajo factor de potencia, pudiendo afectar a la carga.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

A pesar de que los variadores de frecuencia presentan un descontrol en la red en las señales instantáneas debido a la inyección de armónicos a dicha red, estos dispositivos de control han jugado un papel importante en la mejora del desempeño operativo de los motores, permitiendo así mejora en los procesos de producción en las empresas manufactureras. En el caso de estudio se pudo detectar que, el variador a implementar en esa red no es viable, por lo que se debería de rediseñar la red eléctrica o bien seleccionar otro variador de frecuencia adaptada a dicha red. Sin embargo, puede darse la opción de implementar la técnica de mitigación (filtros de armónicos), para así asegurar que la compañía eléctrica no aplique cargos en la tarifa, así como en el daño que se puede presentar a sus equipos eléctricos, evitando así el redimensionamiento del sistema eléctrico y, además, evitar el paro total de las operaciones de la industria.

REFERENCIAS

- [10] Blooming T., Carnovale D. (s.f.) *Application of IEEE Std. 519-1992 Harmonic Limits*. Sitio web: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/backup-power-ups-surge-it-power-distribution/power-conditioners/harmonic-correction-unit/IEEE-std-519-1992-harmonic-limits.pdf>
- [13] *Easy Power* (1985) Version 10.5 [Computer software] Bentley Systems. <https://www.easypower.com/>
- [3] Harpez E. (1999) *El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica*. México. Editorial LIMUSA NORIEGA.

Comportamiento de la calidad de la energía empleando drives de motores eléctricos industriales

- [6] IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. Sitio web: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1589263/mod_resource/content/1/IEE%20Std%20519-2014.pdf
- [4] Kennedy B. (2000) *Power Quality Primer*. Estados Unidos. Editorial McGraw-Hill.
- [1] L. Arana (2017) *Variadores de Frecuencia para el Control de Motores Asíncronos Jaula de Ardilla*. [Trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Tecnológico Superior en Electromecánica, Universidad Central de Ecuador]. Repositorio institucional de la Universidad Central de Ecuador. Recuperado el 22 de Enero del 2022 de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12956/1/T-UCE-0010-002-2017.pdf>
- [11] Narayanan, M., Vidhya, R., & Yuvaraj, P. (2015b). *Phase Angle Control Method of Speed Control of Single Phase Induction Motor* [Imagen]. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Phase-Angle-Control-Method-of-Speed-Control-of-Narayanan-Vidhya/07c7311977be411f1a44eed95988e2b739263d99>
- [8] Pinyol R. (2016) *Armónicos: Causas, Efectos y Minimización*. Salicru White Papers. Recuperado el 2 de Mayo del 2022 de: https://www.salicru.com/files/pagina/72/278/jn004a00_whitepaper-armonics_.pdf
- [5] Piqué R. Ballester E. (2012) *Electrónica de potencia. Principios Fundamentales y Estructuras básicas*. España. Editorial Alfaomega.
- [7] Rockwell Automation (2014) *PowerFlex 6000 Medium Voltage Variable Frequency Drive*. Sitio web: <https://www.vfds.com/manuals/allenbradley/allenbradley-powerflex6000.pdf>
- [2] Ruhiane H. (2015) *Estudio del variador de frecuencia Mitsubishi Electric FR-A720 para aplicaciones de control en motores trifásicos*. [Tesis de titulación, Facultad de Ingeniería Eléctrica]. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Recuperado el 28 de Enero del 2022 de: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/4501/Ruhiane%20Herrera%20Acosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [12] Tate, T. (2012). Why is an electric motor more efficient at higher loads? [Imagen]. Recuperado de <https://physics.stackexchange.com/questions/46113/why-is-an-electric-motor-more-efficient-at-higher-loads>
- [9] WEG (2016) *Manual del Convertidor de Frecuencia CFW-11*. Sitio web: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h43/h92/WEG-cfw11-manual-del-usuario-400v-tallas-f-y-g-10000784338-manual-espanol.pdf>

Construyendo una web API con la arquitectura n capas

Building a web API with the n-layer architecture

María Alejandra Rosas Toro¹
Jaime Hesiquio Herrera²
Leslie Suzette Velasco Salinas³
Juan Manuel Martínez Chávez⁴

RESUMEN

En los procesos que involucran tecnologías digitales y la automatización, las empresas necesitan innovar para obtener sistemas informáticos eficientes y con mejores rendimientos; acorde con esto en la empresa BCD travel se desarrolló el proyecto “CONSTRUYENDO UNA WEB API CON LA ARQUITECTURA N CAPAS”, debido a que la herramienta de acceso a datos Data Service (DS) quedó descontinuada. El objetivo del proyecto era la creación de una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API), capaz de mantener la comunicación y transmisión de información a cada uno de los procesos y sistemas que se ejecutan en esta empresa. La construcción de la Web API (*Herramienta de servicio de datos con Interfaz de programación de aplicaciones*) denominada DSA se basó en una arquitectura de N capas, utilizando la Tecnología Active Server Page (ASP .Net) y el lenguaje de programación C Sharp, aplicando el modelo de programación Object Relational Mapping (ORM) perteneciente al ADO.NET Entity Framework con la finalidad de mapear las estructuras de las Bases de Datos Relacionales y transformar las tablas para simplificar el trabajo de los desarrolladores. Los beneficios que ha tenido la DSA es que es una herramienta multitarea y permite ser utilizada en aplicaciones de escritorio, en sitios Web o en aplicaciones móviles, los tiempos de consulta de datos son más rápidos y se pueden realizar consultas en paralelo sin afectar el rendimiento de la API, un beneficio más de la DSA es que cualquier desarrollador puede darle mantenimiento, agregando o eliminando consultas a las tablas de la Base de Datos de acuerdo a las necesidades de procesamiento que se tengan.

PALABRAS CLAVE: Arquitectura de Software, Arquitectura N-Capas, *Servicio de Datos, Web Api*

Fecha de recepción: 13 de mayo, 2023.

Fecha de aceptación: 14 de julio, 2023.

¹ Docente de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Cerro Azul. maria.rt@cerroazul.tecnm.mx

² Supervisor de analistas de sistemas de BCD Travel. jaime.hesiquio@bcdtravel.com.mx

³ Desarrollador de Software Jr de BCD Travel. Exalumna del ITCA. les.suztte@gmail.com

⁴ Analista de Sistemas en BCD Travel. Exalumno del ITCA. jmanumc@outloo.com

ABSTRACT

In processes that involve digital technologies and automation, companies need to innovate to obtain efficient computer systems with better performance; Accordingly, in the company BCD travel, the project "BUILDING A WEB API WITH N LAYERS ARCHITECTURE" was developed, due to the fact that the Data Service (DS) data access tool was discontinued. The objective of the project was the creation of an Application Programming Interface (API), capable of maintaining the communication and transmission of information to each of the processes and systems that are executed in this company. The construction of the Web API (Data Service Tool with Application Programming Interface) called DSA was based on an N-layer architecture, using Active Server Page Technology (ASP.Net) and the C Sharp programming language, applying the Object Relational Mapping (ORM) programming model belonging to the ADO.NET Entity Framework in order to map the structures of Relational Databases and transform the tables to simplify the work of developers. The benefits that the DSA has had is that it is a multitasking tool and can be used in desktop applications, on Web sites or in mobile applications, data query times are faster and queries can be made in parallel without affecting performance From the API, one more benefit of the DSA is that any developer can maintain it, adding or removing queries to the Database tables according to the processing needs they have.

KEYWORDS: Data Service, N-Layer Architecture, Software Architecture, Web Api

INTRODUCCIÓN

La empresa BCD Travel aunque tenía una herramienta de acceso a datos **DS** y que apoyaba en el desarrollo de aplicaciones de software Orientadas a Datos, esta ya no era funcional ya que dependía de otra herramienta externa que quedo obsoleta debido al avance de la tecnología, por lo tanto se desarrolló el proyecto denominado "CONSTRUYENDO UNA WEB API CON ARQUITECTURA N CAPAS", el objetivo era innovar con las nuevas tecnologías creando la "Data Service Api" (DSA) para sustituir al DS, esta nueva herramienta permite agilizar el trabajo de otros desarrolladores y consumidores de los diversas procesos que se manejan dentro de la empresa, optimizando el uso de los datos. La trascendencia de la Web API es que puede ayudar en gran medida en el futuro, dado que esta sirve de base para los siguientes proyectos de la empresa.

En este documento se describe el proceso que se llevó a cabo durante el desarrollo del proyecto, se inició por revisar y analizar el funcionamiento del **DS** (herramienta de acceso a datos con que se contaba), y procediendo a realizar el diseño y programación del software para el nuevo servicio de datos que lleva por nombre Data Service API (**DSA**), el cuál fue desarrollado en base a la plataforma Microsoft .NET Framework. Con esto se trata dar respuesta a los siguientes planteamientos:

- Se tiene la convicción de que la nueva herramienta DSA permitirá manejar todo tipo de información de manera eficiente para el ofrecimiento de servicios tanto para los empleados o desarrolladores de la empresa.
- Una nueva Web API permitirá mejorar el rendimiento y calidad de los servicios que la empresa ofrece.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del departamento de Tecnología de la Información (**IT** por sus siglas en inglés) de la empresa BCD Travel, se encuentra el área de Desarrollo que se encarga de desarrollar y dar mantenimiento a todos los Sistemas Informáticos utilizados en la empresa. La problemática a la que se enfrentó esta área es que algunas de sus herramientas de acceso a datos han quedado descontinuados, tal es el caso de la DS que ya no cuenta con soporte técnico, ni mantenimiento por parte de la compañía que elaboraba las aplicaciones comerciales, por lo que era necesario crear una nueva herramienta la cual lleva por nombre Data Service API (DSA).

Construyendo una web API con la arquitectura n capas

El DS depende del TELERIK ORM, que es otra herramienta externa que apoyaba en el desarrollo de aplicaciones de software orientadas a datos, y que ha sido descontinuada (Progress Telerik ORM, 2002) por lo que era imperante sustituirlo. Así mismo era necesario eliminar la arquitectura SOAP (Simple Object Access Protocol), ya que esta solo soporta el lenguaje XML (Extensible Markup Language) haciendo al DS más lento (IONOS, 2015), por lo tanto, había que reemplazarlo por un lenguaje más ligero y flexible como lo es el JSON (JavaScript Object Notation) que permite tener un código más limpio y legible (Bourhis, Reutter, & Vrgoc, 2020).

Dada la problemática, se propuso migrar el DS de la versión 1.0 a una nueva versión 2.0 con el nombre de Data Service Api (DSA) que contribuya a mejorar el servicio y estructura de la herramienta. El DSA sería un sistema multitareas para agilizar los tiempos de espera en la generación de reportes, para su desarrollo se sugirió el uso de la herramienta Entity Framework (EF) que es un ORM que permite el mapeo de Base de Datos (First Data Base) de tal manera que se permite mapear las Bases de Datos en forma de objetos y propiedades, y admitiendo actualizaciones y migraciones de esquemas (Singh, 2015). La arquitectura propuesta para la DSA fue la Representational State Transfer (REST) para permitir la comunicación entre el servidor y sus clientes, y que permite la escalabilidad, mejor rendimiento, facilidad de navegación, y flexibilidad (Fielding, 2000). Para el desarrollo de las aplicaciones Web que conforman el DSA se determinó usar la tecnología Active Server Page (ASP .Net), que permite crear servicios basados en HTTP a los que se puede acceder a aplicaciones en diferentes plataformas (Microsoft ASP.NET, 2020).

JUSTIFICACIÓN.

El objetivo del proyecto “CONSTRUYENDO UNA WEB API CON LA ARQUITECTURA N CAPAS”, es la innovación de una nueva herramienta encargada de comunicar la información alojada en las Bases de Datos con distintos tipos de aplicaciones y sistemas a través de una red. Esta aplicación es muy importante para la empresa, ya que el servicio de acceso a la información DS quedó obsoleta y descontinuada, actualmente ya no se cuenta con soporte ni mantenimiento por parte de la compañía que se encargaba de la implementación de las aplicaciones comerciales. El proyecto permite reemplazar al DS por un servicio más eficiente, con menos costos de desarrollo mejorando el flujo de venta que la empresa maneja. El nuevo DSA cumple con los requerimientos y está basado en procesos que se adaptan a las necesidades actuales de la empresa, implementa nuevas tecnologías y usa la arquitectura de desarrollo de software de N capas; esto permite facilitar el mantenimiento del sistema, la integración de la Web Api a otros proyectos facilitando la escalabilidad y reduciendo los costos de desarrollo.

METODOLOGÍA

Este proyecto corresponde a un estudio correlacional ya que por un lado se intenta describir la diferencia en cuanto a la eficiencia y seguridad que existe entre el DS y el DSA, así como la cuantificación de los beneficios relacionados con el rendimiento y la calidad de los servicios que presta la empresa. Con el estudio descriptivo, se desea analizar las características y condiciones que presenta el DSA con respecto al DS, conocer que tanto la nueva herramienta ahorra tiempo al acceder los datos, los beneficios que aporta a la empresa en cuanto a la calidad, seguridad, y confiabilidad; para los usuarios de la herramienta se desea determinar si la herramienta facilita el desempeño de su trabajo o no.

De lo planteado anteriormente, se puede decir que la investigación tiene un enfoque mixto integrando los métodos cualitativo y cuantitativo. Con el enfoque cualitativo se desea conocer la opinión de los desarrolladores al momento que experimenten el uso del DSA con respecto al DS, verificar si la nueva herramienta les facilita el trabajo que desempeñan, si se tiene una mejor estructura y código legible, y si la calidad de los resultados de los procesos mejora a los obtenidos con la DS. La recolección de datos en este enfoque es mediante la observación del 100% de los usuarios de la herramienta, con este se pretende conocer la realidad que impera en el uso de la DSA con respecto al DS. El enfoque cuantitativo, da a conocer el grado de eficiencia del uso de la nueva herramienta

Construyendo una web API con la arquitectura n capas

DSA con respecto a la herramienta DS, el método de recolección de datos para medir las variables es una encuesta estructurada compuesta de 10 preguntas de opción múltiple aplicada a todos los usuarios de la herramienta y que arroja los datos cuantitativos requeridos para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas.

HIPÓTESIS

Las hipótesis que se plantean al implementar el proyecto son:

H₁₁: La herramienta Data Service Api (DSA) permitirá manejar todo tipo de información, de manera eficiente para ofrecimiento de servicios ya sea para los desarrolladores y/o clientes.

H_{A1}: La herramienta Data Service Api no permitirá manejar todo tipo de información de manera eficiente para ofrecimiento de servicios ya sea para los desarrolladores y/o clientes.

H₁₂: La creación e implementación de la Web API como alternativa de solución, permitirá mejorar el rendimiento y calidad de servicios que la empresa ofrece.

H_{A2}: La creación e implementación del Web API como alternativa de solución, no permitirá mejorar el rendimiento y calidad de servicios que la empresa ofrece.

Los pasos que se siguieron en el desarrollo del proyecto se describen a continuación:

Planificación. En el desarrollo del DSA primeramente se establecieron las prioridades del proyecto y se estimó el orden de las actividades. En esta etapa se revisó la DS y se analizó la viabilidad de crear la nueva herramienta que diera solución a los problemas del sistema actual, se definieron los objetivos del nuevo sistema y se identificaron los recursos necesarios para el desarrollo de la misma.

Análisis de requerimientos. Al realizar el análisis se detectó la necesidad de identificar los paquetes de datos contenidos en las Bases de Datos, las funcionalidades que estos tenían y reestructurarlos para que fueran más funcionales y efectivos en la solución de una gran cantidad de problemas. Se requirió el establecimiento de los límites de la DSA identificando los agentes externos con los que interacciona y remplazar la DS, predeterminando que la DSA debía ser una mejor herramienta de servicio de datos adaptable a los distintos procesos informáticos de la empresa.

Diseño. En esta etapa se analizaron diversas alternativas de implementación para el DSA, eligiendo la estructura general de consulta de datos con una Arquitectura de N capas, ya que la herramienta debe manejar todo tipo de información que utiliza la empresa, ya sea de clientes, de proveedores o empleados (Richards, 2015). El DSA usa 5 capas: capa de Usuario (persona física que interactúa con el sistema), capa de Servicios (Sistema interfaz que permite al usuario realizar peticiones a la Web Service API), capa de Presentación (atiende las peticiones que el usuario realiza como es agregar, eliminar, o consultar datos), capa de Lógica de Negocio (valida que los datos sean correctos) y capa de Datos (realiza las consultas a la base de datos), ver Figura 1.

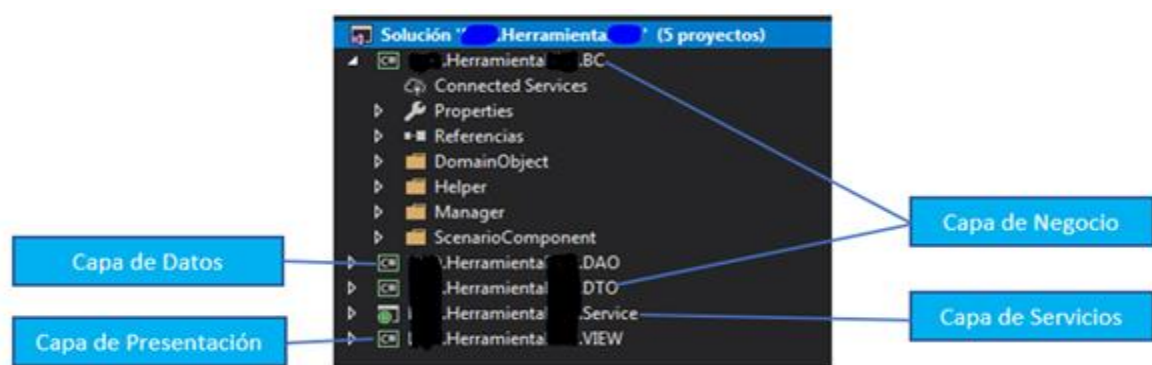


Figura 1. Arquitectura de N-Capas del proyecto.

Construyendo una web API con la arquitectura n capas

La Figura 2, muestra el proceso para obtención de datos en la arquitectura de N-Capas, el proceso inicia en la capa de presentación donde el usuario indica cual es la información que necesita recuperar, luego viaja a la capa de datos donde realiza la consulta, posteriormente en la capa de lógica de negocio se validan los datos y finalmente regresa hasta la capa de presentación donde muestra al usuario el resultado de los datos obtenidos. El proceso de actualizar registros también se inicia en la capa de presentación, donde el usuario indica el registro y los datos que se desean actualizar, de ahí se viaja a la capa de datos en donde se realiza la búsqueda del registro y se reemplazan los datos, posteriormente regresa a la capa de presentación donde se muestra al usuario el mensaje de “Registro actualizado correctamente”.

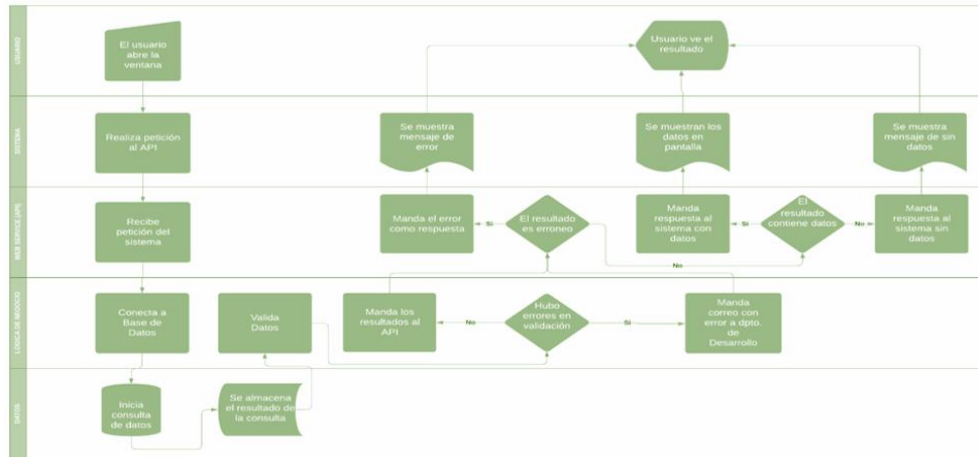


Figura 2. Diagrama de Flujo del proceso de obtención de datos.

La eliminación de registros se inicia en la capa de presentación, donde el usuario indica el registro que se debe eliminar, de ahí viaja a la capa de datos realizando la búsqueda y eliminación del registro de la base de datos, posteriormente se regresa a la capa de presentación donde se indica al usuario que se realizó la eliminación de forma correcta. El DSA se usa directamente con las tablas de las Bases de Datos de la empresa, ya que estas son robustas y cuentan con el soporte necesario. La Base de Datos “Producción” contiene tablas con datos reales que son aprovechados por los usuarios finales, la Base de Datos “Calidad” contiene tablas que son utilizadas por los tester de la empresa para validar los criterios de aceptación del software implementado por los desarrolladores, y la Base de Datos “Desarrollador” contiene tablas usadas por los desarrolladores. La Figura 3, muestra el diagrama de conexión a la Base de Datos.

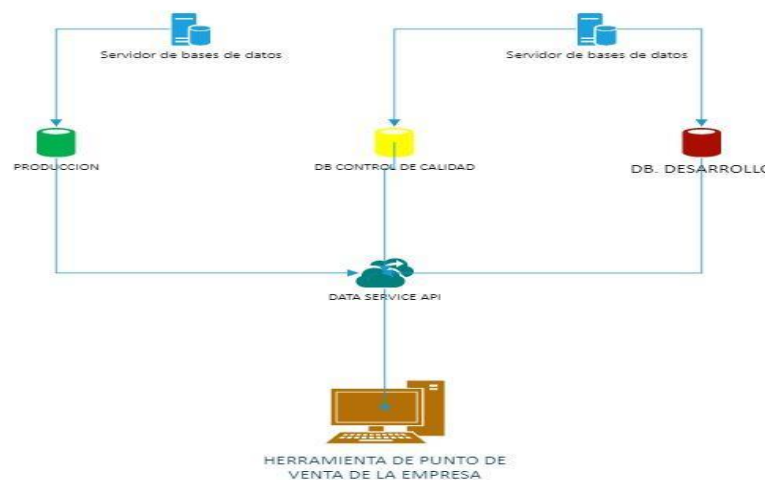


Figura 3 Conexión a Base de Datos



Construyendo una web API con la arquitectura n capas

Codificación. El DSA fue construido y montado sobre el Framework *.NET* (Microsoft *.NET*, 2020) de la cual la empresa cuenta con una licencia. Para la codificación se usó el entorno de desarrollo de software Visual Studio de Microsoft por la facilidad de manipulación y las herramientas que este tiene para la edición de los programas. El lenguaje de programación para cada uno de los programas de los diversos módulos fue *C Sharp* ya que este permite a los desarrolladores escribir programas orientados a componentes con seguridad de tipos y que pueden ejecutarse en *.NET*, este lenguaje permite la creación de aplicaciones en consola, con interfaz gráfica de usuario (GUI), para dispositivos móviles, servicios de API y páginas Web con la tecnología ASP.NET.

Dentro de los módulos de la DSA la capa de acceso a datos o *Data Access Object (DAO)*, contiene la lógica para la conexión y administración de la base de datos utilizando la Entity Framework (Herramienta de acceso a datos) con el modo Data Base First que permite mapear tablas y procedimientos almacenados a través del componente ADO.NET (Vaikunth & Aithal, 2017). La capa de negocios o Business Component (BC) contiene la lógica de negocios, conectando las capas DAO y Service, iniciando la interacción con la base de datos de acuerdo a una petición que llega a través del Service. Esta capa contiene tres subcapas Domain Object (DO) que conecta la DAO con la subcapa *Scenary Component (SC)* haciendo los métodos más sencillos, el SC contiene la lógica principal de los métodos que consultan a la base de datos y el Manager funciona como método de acceso de la capa Service a la subcapa SC.

El Service es la última capa del proyecto, funciona como punto de acceso al programa, ya que esta es la encargada de exponer los métodos programados en la capa BC a través de la red utilizando el protocolo HTTP, esta capa es lo que convierte todo el programa en una API. La capa Controllers contiene varias clases con distintas funcionalidades para la API, estas son accesibles desde la red. Una característica del controlador son los parámetros que necesitan los métodos de la subcapa Manager para funcionar. Response es un estándar que se programó, tomando en cuenta el JSONAPI para que la API siempre devuelva la misma estructura de respuesta en formato JSON, se tomó la estructura base que llevan las respuestas exitosas y las respuestas de error. Como resultado se obtuvo una herramienta con código limpio y legible para que cualquier desarrollador con conocimiento básico en el lenguaje de programación C Sharp y el Framework *.NET*, pueda dar soporte y mantenimiento a la Web API sin mucho esfuerzo y tiempo invertido.

Pruebas y evaluación.

El objetivo de las Pruebas fue detectar los errores cometidos durante las actividades anteriores y modificarlos antes de que la DSA llegara al usuario final. Con ayuda de librerías que Microsoft ofrece se decidió hacer uso de las Pruebas Unitarias, estas consisten en aislar una parte del código y comprobar que funciona de la manera correcta. Las pruebas unitarias se desarrollaron antes de generar un código, esto permitió ir solucionando los errores conforme se avanzaba, y así se evitó retraso a la hora de sacar el proyecto a producción.

Las pruebas unitarias son capaces de descomponer los módulos de la DSA en comportamientos comprobables discretos, que se pueden probar como unidades individuales. El explorador de pruebas de Visual Studio proporciona una forma flexible y eficaz de ejecutar las pruebas unitarias y ver los resultados. Al definir y ejecutar las pruebas unitarias o test, se garantiza la cobertura del código, se detectan errores y posibles fallos antes de que lo hagan los clientes. La Figura 4 muestra la estructura de una prueba unitaria.

Construyendo una web API con la arquitectura n capas

```
using Microsoft.VisualStudio.TestTools.UnitTesting;
using System.Net.Http;

namespace [redacted].DataServiceApi.Test.Release
{
    [TestClass]
    0 referencias
    public class EjemploTest : Test
    {
        0 referencias
        public void ejemplo_ShouldOk()
        {
            HttpResponseMessage response = HmacClient.GetAsync("api/example").Result;
            Assert.IsTrue(response.IsSuccessStatusCode);
        }
    }
}
```

Figura 4 Estructura de una prueba unitaria

Mantenimiento.

El mantenimiento consiste en eliminar los defectos que se detectaron durante la vida útil de la DSA y adecuar a las nuevas necesidades. Actualmente la API ya se encuentra publicada y en prueba, durante el transcurso de las pruebas surgen errores los cuales son detectados gracias a un método que permite enviar un correo al equipo de desarrolladores anexando el problema que suceda y en donde se suscitó. Para corregir un defecto se revisa con que Status Code responde el DSA, y de acuerdo al status se le da el seguimiento. Algunos status y procedimiento a seguir son:

- **400 petición Incorrecta.** El servidor no puede o no procesará la solicitud debido a un aparente error del cliente; en este caso es necesario ver que datos se envían y si se cumplen las validaciones que se implementaron en ese método.
- **401 no autorizado.** Se requiere autenticación y ha fallado o aún no se ha proporcionado. El usuario no tiene credenciales de autenticación válidas para el recurso de destino.
- **404 no encontrado.** El recurso solicitado no se pudo encontrar, pero puede estar disponible en el futuro, para solucionar este error el encargado de la administración de base de datos debe agregar dicha tabla o ingresar nuevos registros a la tabla.
- **500 error interno de servidor.** Un mensaje de error genérico se da cuando se encontró una condición inesperada, la única forma de solucionarlo es reportar que el servidor no se encuentra funcionando y esperar a que éste sea solucionado por los encargados del soporte operativo.

Cuando se está preparando un programa para un entorno de producción es necesario tener un Log donde se reportan los eventos y errores, la DSA genera los archivos Logs los cuales son atendidos de manera rápida para darle mantenimiento a la aplicación antes de pasar a producción.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El análisis de correlación entre las herramientas Data Service y Data Service Api se llevó a cabo con el equipo de desarrolladores de la empresa, a cada desarrollador se les asignó tareas aplicables a los sistemas que cada uno maneja, solo que estas debían ser realizadas primero implementando el DS y posteriormente el DSA. Para comparar los resultados se creó una tabla de registro de productividad del DS y otra para el DSA, de acuerdo a los datos registrados se pudo observar que el DSA es una herramienta innovadora para la empresa, fácil de usar y de fácil mantenimiento, ya que a los desarrolladores no les costó trabajo adaptarla a sus sistemas, en comparación con el DS en donde solo 2 personas les costó un poco de trabajo implementarla. También se pudo observar que la DSA mantiene los datos más seguros al mapear las tablas de las Bases de Datos y transformarlas a la estructura necesaria para cada sistema y tratarlos como objetos, acción que el DS no puede llevar a cabo, esto hace a la DSA una herramienta más eficiente y segura, la cual tiene

Construyendo una web API con la arquitectura n capas

mejores rendimientos permitiendo que la generación de los reportes sea de mejor calidad, la herramienta es escalable y reduce los costos de desarrollo.

Para determinar si las hipótesis planteadas son aceptadas o no, se aplicó una encuesta estructurada compuesta por 10 preguntas de opción múltiple a los 10 desarrolladores de la empresa que son los que conocen el funcionamiento del DS. Con los datos recabados se obtuvieron las tablas y gráficos de frecuencias estadísticas y porcentajes de utilidad de cada una de las preguntas. Para calcular el porcentaje de utilidad se usó la siguiente ecuación.

$$\%Utilidad = \frac{Frecuencia\ de\ utilidad}{Total\ Encuestados}$$

De acuerdo a la pregunta 1 ¿Es útil el uso del Data Service Api para usted?, a 8 de los desarrolladores les parece muy útil el DSA en comparación con el DS, esto representa el 80% de utilidad para la empresa en comparación al DS lo que permite reducir los costos de desarrollo, sólo 2 de los desarrolladores no pudieron determinar si le es útil la herramienta o no, (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia de Utilidad del DSA.

¿Es útil el uso de Data Service Api para usted?	Frecuencia	% de Utilidad
Sí, mucho	8	80%
No sé	2	20%
No	0	0%
Era mejor DS	0	0%

En cuanto al aspecto profesional de la interfaz gráfica de la DSA, se tiene la pregunta 2 ¿Cómo le parece el aspecto profesional de la interfaz de la DSA?, el 20% de los desarrolladores consideran que es muy profesional, el 50% expresaron que el aspecto es profesional y solo un 30% la consideran no profesional (ver Tabla 2), esto indica que se puede seguir trabajando en la herramienta para darle una interfaz más amigable. De acuerdo a los resultados se puede observar que hay una diferencia muy grande entre la interfaz gráfica de la DSA y la DS, siendo la DSA más fácil de usar e intuitiva.

Tabla 2. Frecuencia de opiniones en cuanto al aspecto profesional de la DSA

Como le parece el aspecto profesional de la interfaz de la DSA	Frecuencia	%
Muy profesional	2	20%
Profesional	5	50%
No muy profesional	3	30%
No profesional	0	0%

En cuanto a la calidad de los resultados obtenidos en los procesos que los desarrolladores ejecutaron aplicando la herramienta DS y la DSA, se tiene la Pregunta 3 ¿Cuál es la calidad del trabajo del Data Service Api en comparación del Data Service?, el 80% de los desarrolladores consideran que la calidad de los resultados obtenidos con la DSA es muy buena, el 20 % consideran que la calidad es buena, todos coinciden que hay mejor calidad en los resultados obtenidos con la DSA como se muestra en la Figura 5. Esto prueba que hay en avance significativo y muy seguro en la solución de problemas con el uso de la DSA en comparación con la DS.



Construyendo una web API con la arquitectura n capas

¿Cuál es la calidad de trabajo de Data Service Api en la comparación de Data Service?



Figura 5 Calidad de los resultados aplicando la Data Service Api

Para comparar cuál de las dos herramientas es más fácil de usar de acuerdo a su interfaz gráfica, se creó la pregunta 4 ¿La Data Service Api es más sencilla de usar que la Data Service? De acuerdo a la información recopilada se puede observar que el 80% de los desarrolladores consideran que la DSA es más fácil de usar en comparación con la DS y el 20% consideraron que, si les fue un poco más sencillo, pero ninguno expresó que se le haya dificultado.

Para comparar la eficiencia de implementar la DSA en otras herramientas y procesos que se llevan a cabo en la empresa, se realizó la pregunta 5 ¿El Data Service Api es más sencillo de implementar en otras herramientas? El 80% de los desarrolladores consideran que la DSA es mucho más sencilla de implementar en otras herramientas en comparación con la DS, 2 desarrolladores consideran que es un poco más sencillo, y a ningún desarrollador se le hizo difícil de implementar (Ver Figura 6). Con las actividades que realizaron los desarrolladores, todos de manera fácil pudieron adaptar el DSA a los procesos que cada uno tienen asignados.

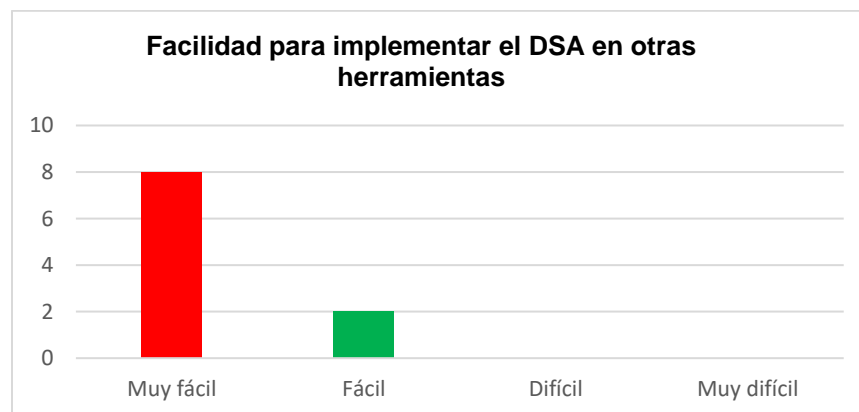


Figura 6 Facilidad de uso del DSA

La pregunta 6 ¿Es más fácil realizar pruebas en el Data Service Api que en el DS?, va orientada a la serie de pruebas que deben llevarse a cabo cuando algún proceso necesita de nueva información que se tiene alojada en las Bases de Datos. Al 80% de los usuarios se les hizo más fácil y al 20% se les hizo fácil realizar las pruebas con la DSA en comparación con el DS, a ningún desarrollador se le hizo difícil realizar las pruebas. En cuanto a la pregunta 7 ¿En la Data Service Api se producen menos errores que en Data Service?, 9 de los 10 desarrolladores consideran que el DSA produce menos errores en los procesos en comparación con la DS, sólo un desarrollador percibió que se

Construyendo una web API con la arquitectura n capas

tienen los mismos resultados con ambas herramientas. Esto representa un 90% de eficiencia y seguridad de la información de la nueva herramienta con respecto a la herramienta anterior.

Para determinar cual herramienta ya sea DSA o DS usaria cada uno de los desarrolladores, se planteó la pregunta 8 ¿Si tuviera que elegir entre el Data Service Api y el Data Service para implementarlo en sus procesos, con cual se quedaría?, el 80% de los usuarios eligieron la nueva herramienta para el desarrollo de su trabajo, ya que la han probado y han experimentado que esta les facilita su labor. Con la pregunta 9 ¿El Data Service Api cumple con todas las expectativas de una nueva herramienta? Aunque los usuarios han experimentado los beneficios que han logrado con el DSA, sólo el 20% de ellos consideran que la DSA cumple con todas las expectativas, y otro 50% consideran que aún se pueden tener más mejoras en la herramienta.

La pregunta 10 ¿Del Data Service y el Data Service Api, cuál le resulta más sencillo para ayudar a su mantenimiento?, esta pregunta va orientada a la facilidad que tendrán los desarrolladores para realizar los cambios pertinentes a la herramienta, para que esta se adapte a la necesidad que cada proceso tenga en cuanto a información almacenada en las Bases de Datos. El 100% de los desarrolladores consideraron que no tienen ningún problema en modificar el código de la nueva herramienta y adaptarlo a sus necesidades. Con los resultados de la encuesta se puede observar que el DSA ha cumplido de manera exitosa con los objetivos propuestos y que aún existen áreas de oportunidad para mejorarla. La Figura 7 muestra la comparación de las dos herramientas en cuanto a su diseño, implementación y mantenimiento.

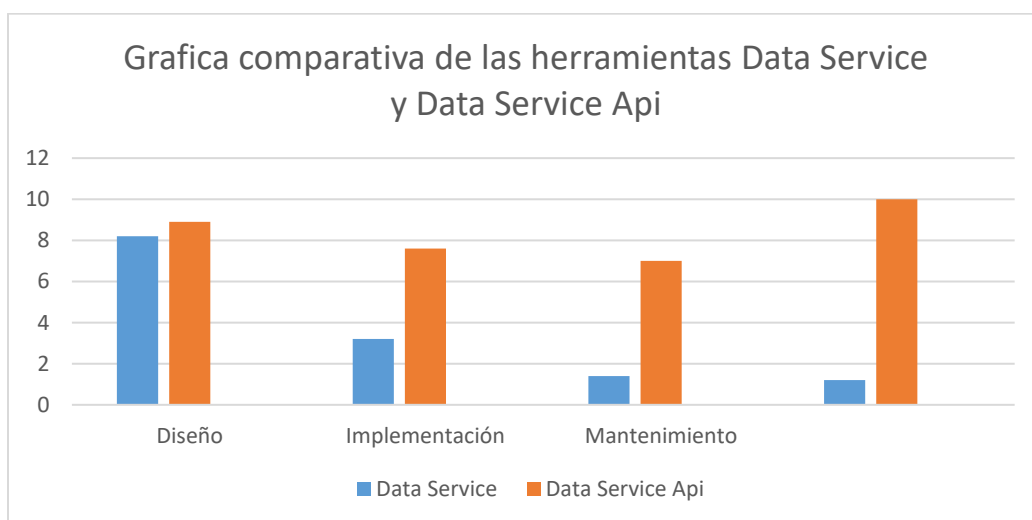


Figura 9 Gráfica comparativa de las herramientas DS y DSA

Como se observa en la gráfica la DSA es más eficiente que DS. Basados en las necesidades de la empresa se innovo en una nueva herramienta que permite manejar todo tipo de información de manera eficiente y segura, para ofrecer servicios a los empleados y/o clientes, con esto se puede determinar que la hipótesis H_{11} es Aceptada. En cuanto a la hipótesis H_{12} , la creación e implementación del web API como alternativa de solución, permitirá mejorar el rendimiento y calidad de servicios que la empresa ofrece, respaldados en los resultados obtenidos en la encuesta en las preguntas 1, 3, 4, 5, 6, 8 se obtuvo un 80% de eficiencia, en la pregunta 7 el 70% de los usuarios determinaron que el API produce menos errores y en la pregunta 10 el 100% de los usuarios prefieren la nueva herramienta, por lo que se concluye que esta hipótesis es Aceptada.

CONCLUSIÓN

El proyecto se enfocó en el aprovechamiento de las nuevas tecnologías Web API REST, con la intención de proporcionar a las herramientas que maneja la empresa la facilidad de utilizar la lógica de negocios implementada en la aplicación, incrementando la reutilización de métodos, y permitiendo que la información de la herramienta web esté disponible para que otros desarrolladores puedan utilizarla en sus sistemas. Se desarrolló una plataforma independiente para el registro de la productividad, y no dependiente de otros proyectos o herramientas de la empresa. Al realizar la comparación de los resultados, se detectó un incremento en la cantidad de datos aprobados, lo que se traduce a un mayor apoyo a futuros desarrolladores, siendo esta nueva herramienta una innovación para los procesos que se desarrollan en la empresa y que han servido de preambulo para que la DSA sea aplicada en los procesos que se llevan a cabo en las sucursales que se encuentran en Sudamérica. La DSA es una herramienta que cualquier desarrollador puede darle mantenimiento, puede insertar, modificar y eliminar consultas a las tablas de las Bases de Datos, las consultas a datos se llevan en menor tiempo y se pueden hacer consultas en paralelo.

Considerando los resultados que se han obtenido con la aplicación de la DSA, se llegó a la conclusión que la Web API es de gran ayuda para nuevos sistemas creados por los desarrolladores ya que esta reduce el tiempo de mapeo y configuración de la información, proporciona seguridad a las Bases de Datos, reduce los gastos de mantenimiento, y optimiza el espacio de almacenamiento de manera eficiente y funcional. Aunque las hipótesis planteadas han sido aceptadas, aún falta por mejorar la herramienta, por lo que se concluye que la Data Service Api es un área de oportunidad para seguir explorando y realizar mejoras que aún puedan incrementar la calidad de los resultados de dicha herramienta

REFERENCIAS

Bourhis, P., Reutter, J. L., & Vrgoc, D. (2020). *JSON: Data model and query languages* (Vol. 89). Information Systems. doi:doi.org/10.1016/j.is.2019.101478.

Ecma International. (Diciembre de 1999). *"ECMAScript Language Specification", Standard ECMA-262, Third Edition*. Obtenido de ecma-international.org: <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST-ARCH/ECMA-262,%203rd%20edition,%20December%201999.pdf>

Fielding, R. (2000). *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. Obtenido de ics.uci.edu: https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm

IONOS. (20 de Abril de 2015). *SOAP: explicación del protocolo de red*. Obtenido de Digital Guide IONOS by 1&1: <https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/soap-simple-object-access-protocol/>

Microsoft .NET. (1 de Marzo de 2020). *What is .NET?* Obtenido de .NET: <https://dotnet.microsoft.com/learn/dotnet/what-is-dotnet>

Microsoft ASP.NET. (9 de Marzo de 2020). *What is ASP.NET?* Obtenido de .NET: <https://dotnet.microsoft.com/learn/aspnet/what-is-aspnet>

Progress Telerik ORM. (2002). *Telerik OpenAccess Classic*. Obtenido de Telerik Documentation: <https://docs.telerik.com/help/openaccess-classic/getting-started-with-openaccess-overview.html>



Richards, M. (2015). *Software Architecture Patterns*. ÓReilly Media, Inc.

Singh, R. R. (2015). *Mastering Entity Framework*. (P. E. Distilled, Ed.) Packt Publishing.

Vaikunth, P. T., & Aithal, P. S. (2017). *Disconnected Data Access Architecture using ADO.NET Framework*. International Journal of Applied Engineering and Management.
doi:<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.87357>

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

Perception of the use of clean technologies applied in the manufacturing industry in México

Mario Alberto Morales Rodríguez¹
Gabriela Cervantes Zubirías²
José Alberto Morales Rodríguez³
Guadalupe Manuel Estrada Segovia⁴
Ana Patricia García Arellano⁵

RESUMEN

Las tecnologías limpias comenzaron a ser requeridas por las industrias desde la década de 1990, debido al llamado doble beneficio que generaban, tanto para las empresas como para el ecosistema, concientizando al sector empresarial sobre la importancia de adaptar e incorporar la sostenibilidad en las estrategias productivas, en la siguiente proposición se menciona que las tecnologías o procesos que requieren menos materia prima o energía, generan menos residuos que las tecnologías o procesos que ya existen. (Salas-Canales, 2021). La presente investigación tiene el objetivo de desarrollar un análisis documental de las investigaciones más citadas de diversas bases de datos científicas de las tecnologías limpias dentro de las industrias manufactureras, además de analizar las ventajas a mediano y largo plazo, para detallar una propuesta de acciones complementarias que sirvan como fuente de conocimiento para las industrias. Los resultados que se buscan con esta investigación es tener la una percepción del impacto de las tecnologías limpias, así como una mejor imagen corporativa y lo más importante cuidar al medio ambiente, generando menos residuos o aminorando el impacto negativo que estas mismas producen. Las empresas además de la aplicación de estrategias pueden incorporar acciones complementarias para la reducción del impacto ambiental, utilizando todo lo que esté a su mano y contando con la participación de todo el personal.

PALABRAS CLAVE: Tecnologías limpias, ecosistema, manufactura mas limpia, imagen corporativa

Fecha de recepción: 12 de junio, 2023.

Fecha de aceptación: 14 de julio, 2023.

¹ Coordinador Académico del PE Ingeniero Industrial y Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de Tamaulipas de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, mmorales@uat.edu.mx

² Docente Tiempo Completo de la Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán gabriela.cervantes@uat.edu.mx

³ Profesor de Asignatura. Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de Tamaulipas de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, alberto.morales@uat.edu.mx

⁴ Profesor Investigador de Tiempo Completo Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche gmestrad@uacam.mx.

⁵ Ingeniero Industrial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. a2183710045@alumnos.uat.edu.mx

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

ABSTRACT

Clean technologies began to be required by industries since the 1990s, due to the so-called double benefit that they generated, both for companies and for the ecosystem, making the business sector aware of the importance of adapting and incorporating sustainability into production strategies. , in the following proposition it is said that the technologies or processes that require less raw material or energy, generate less waste than the technologies or processes that already exist. (Salas-Canales, 2021). The present investigation has the objective of developing an analysis documentary of the most cited research from various scientific databases of clean technologies within manufacturing industries, in addition to analyzing the advantages in the medium and long term, to detail a proposal for complementary actions that serve as a source of knowledge for the industries. The results that are sought with this research is to have a perception of the impact of clean technologies, as well as a better corporate image and, most importantly, care for the environment, generating less waste or reducing the negative impact that they produce. Companies, in addition to the application of strategies, can incorporate complementary actions to reduce environmental impact, using everything at their disposal and with the participation of all personnel.

KEYWORDS: Clean technologies, ecosystem, cleaner manufacturing, corporate image

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como finalidad realizar una investigación documental de las tecnologías limpias dentro de las industrias manufactureras, con el objetivo de desarrollar una investigación por diferentes medios para analizar las ventajas a mediano y largo plazo, y para detallar una propuesta de acciones complementarias que sirvan como fuente de conocimiento para las industrias.

La contaminación ambiental y la depredación de los recursos naturales forman parte de uno de los más grandes problemas del siglo, XXI, sus orígenes han sido discutidos, considerando que la época de la primera revolución industrial la cual origino una gran cantidad de emisiones contaminantes, las mismas que han sido un constante aumento. A lo largo de la historia, las organizaciones (pequeñas, medianas y grandes) se enfocaron en la búsqueda de la eficiencia productiva, sin preocuparse por las consecuencias de sus actos en el ambiente. A partir del siglo XX, las organizaciones y la sociedad comenzaron a manifestar gran preocupación por la degradación del ecosistema, ocasionada por el uso excesivo de las fuentes energéticas. (Salas Canales & Salas Canales, 2020) específicamente las personas empezaron a mostrar preocupación en la década de 1970, debido a que los hippies mostraban su amor por la naturaleza.

Las tecnologías limpias comenzaron a ser requeridas por las industrias desde la década de 1990, debido al llamado doble beneficio que generaban, tanto para las empresas como para el ecosistema, concientizando al sector empresarial sobre la importancia de adaptar e incorporar la sostenibilidad en las estrategias productivas, en la siguiente proposición se dice que las tecnologías o procesos que requieren menos materia prima o energía, generan menos residuos que las tecnologías o procesos que ya existen.(Salas-Canales, 2021).

Así como la mayoría de los productos, procesos o servicios causan de algún modo degradación ambiental, ya sea durante la extracción, la fabricación. Los periodos de uso o en la disposición final. Una política integrada en la Unión Europea en el 2003 busca minimizar los efectos en las fases del ciclo de vida de un producto. El objetivo es mejorar el desempeño ambiental. Por ello existen diversas herramientas en una política integrada, tales como el marco económico y legal (impuestos y



Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

subsidios, acuerdos voluntarios, legislación y tecnologías ambientales), la aplicación del ciclo de vida (información del ciclo de vida, obligaciones del diseño de productos y sistemas de gestión ambiental) y la información al consumidor (los denominados organismos verde en adquisiciones públicas, compras corporativas y etiquetado verde). (Sotomayor Cabrera & Power Porto, 2019).

Los problemas ambientales más fuertes en los últimos años han sido: la destrucción de la capa de ozono (causado por el monóxido de carbono), el calentamiento global (debido al dióxido de carbono), la tala indiscriminada de la flora y la fauna, entre otros. La contaminación ambiental ha provocado que los seres humanos estén expuestos a diversas enfermedades, un ejemplo claro es el asma que es causado o propiciado por la contaminación en el aire. (Salas-Canales, 2021). La degradación de los recursos es lo que ha despertado el interés tanto de las empresas como de los mismos seres humanos. La creciente preocupación de ha ocasionado que muchas empresas de manera descuidada ofrezcan bienes que no cumplen con las características para ser consideradas ecológicas. Por lo tanto, es de vital importancia esclarecer la importancia de la implementación de acciones para su protección y cuidado.

Básicamente lo que se busca con la aplicación de las tecnologías limpias en la industria manufacturera es que no se produzca ningún efecto secundario, ni ninguna transformación al equilibrio medio ambiental. Basándose en la reducción de la contaminación, en la renovación técnico-ambiental de los procesos, globalización industrial en el marco del desarrollo sostenible y la reinserción de la producción en su base ecológica sostenible.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación “Tecnologías limpias en la industria manufacturera” se genera a partir de la importancia de mitigar los impactos ambientales en el entorno mediante la aplicación de tecnologías limpias en los procesos industriales, así mismo haciendo uso eficiente de los recursos naturales y energéticos, de manera que se logre incrementar la productividad y la competitividad en la empresa.

Es importante que las empresas conozcan el impacto positivo que las tecnologías limpias traen con su implementación, ya que estas permiten el crecimiento y desarrollo económico sustentable, reducen la contaminación a un nivel considerable, disminuyen el consumo de energía, de materia prima, el impacto en el medio ambiente, se reciclan materiales y generalmente permiten una mejor coexistencia entre el ser humano y la naturaleza.

Las repercusiones que dejó la industrialización en México entre los años 1940 y 1980, fomento el desarrollo de una industria muy poco competitiva, con muchos rezagos tecnológicos y altamente contaminantes. El desarrollo industrial no se controló ante el uso excesivo de los recursos, y mucho menos se detuvo para controlar sus emisiones y desechos contaminantes. El aprovechamiento de los recursos naturales dependía de la disponibilidad tecnológica, más que de las condiciones de los recursos existentes, esto produjo una explotación irracional. Fue hasta la década de los 80's cuando empezaron a realizar cambios en la percepción pública respecto a los estragos ocasionados al medio ambiente como consecuencia del incremento exponencial de la actividad industrial posterior a la segunda guerra mundial.

La preocupación por el cuidado ambiental adquiere una mayor relevancia a partir de la década de 1970, ya que según Goel y Sharma (2017) y Bailey, Mishra y Tiarniyu (2018), durante dicha época surgieron los primeros movimientos y organizaciones pro-ambientalistas para ayudar a enfrentar la contaminación provocada por las industrias.

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

La ausencia de una política ambiental durante los años críticos del crecimiento industrial en México trajo como consecuencia, expansión urbana desorientada, contaminación ambiental y deterioro de los ecosistemas. La preocupación por el deterioro del ambiente por parte de distintos gobiernos nacionales en el mundo y de organismos internacionales, evidencio con fuerza a partir de la segunda mitad del siglo XX, como respuesta a los hallazgos de diferentes estudios en campos diversos y la difusión de sus ideas sobre el deterioro ambiental. En 1972 se dio la primera conferencia sobre ambiente en las Naciones Unidas de Estocolmo, aquí es en donde comienza la preocupación ambiental y se hace un reconocimiento de los daños que este mismo ha provocado. Se declararon 26 municipios en busca de la preservación de los recursos para futuras generaciones. (Cárdenas-Cabello, 2021).

En la conferencia de 1972 se creó el Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente, mejor conocido por sus siglas -PNUMA-. (Samayoa, s/f) Dichos sucesos propiciaron en 1975 el surgimiento del marketing ecológico como una disciplina con la finalidad de despertar el comportamiento de compra ecológicamente responsable en los consumidores, evitando a toda costa que las empresas recurran a prácticas de greenwashing o falso marketing ecológico, que perjudican y desincentivan el comportamiento proambiental. ((Salas Canales & Salas Canales, 2020) Años después se establece la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas, en virtud de la resolución 38/161 de la asamblea general, aprobada por el periodo 38 de sesiones de las Naciones Unidas. (Samayoa, s/f).

En el año de 1987 se generó el informe Nuestro Futuro Común o también llamado informe Brundtland que promueve la toma de decisiones para la sostenibilidad de los recursos. El informe plantea la posibilidad de obtener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad y expansión de la base de los recursos ambientales. (Samayoa, s/f) El informe en cuestión se basa en enfrentar y constatar la postura del desarrollo económico junto con el de la sostenibilidad ambiental.

Se realizo una conferencia muy importante en el año de 1992, sobre el medio ambiente y desarrollo en Rio de Janeiro, a esa cumbre la denominaron “Cumbre de la Tierra”, la cual buscaba sentar las bases para un equilibrio entre las necesidades económicas, sociales y ambientales. Los principales acuerdos fueron el programa 21 que promueve el desarrollo sostenible y 27 acuerdos que promueven derechos y obligaciones haciendo destacar la protección del ambiente para el desarrollo. En esta cumbre también, como parte de las acciones para lograr el equilibrio entre desarrollo y ambiente, nace el concepto de Producción más Limpia. (Samayoa, s/f) En esa misma conferencia se creó una comisión sobre desarrollo y ambiente para trabajar en comisiones por el cumplimiento de los principios, a la cual se le dicto como importante y necesaria.

El auge de las tecnologías limpias inicio a partir de la década de 1990, forma parte del enfoque conocido como producción más limpia, y al mismo tiempo, todo se encuentra dentro de la ecoeficiencia. (Canales, 2020) Como se mencionó anteriormente las tecnologías limpias forman parte del enfoque de la producción más limpia o de también conocido como producción limpia, la cual se define como la aplicación continua de una estrategia preventiva integrada a los proceso, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. En el año 2000 se suscribió el Pacto Global en Nueva York, este foro promueve la adopción de diez principios relacionados con normas laborales y el ambiente, entre otras cosas, como derechos laborales, estándares laborales, etc. (Samayoa, s/f).



Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

En el 2002 se realizó la declaración de Johannesburgo en el marco de la Cumbre Mundial sobre el desarrollo sostenible en Sudáfrica donde se reafirmó el compromiso de fortalecer el desarrollo social económico y ambiental. Se incluye por primera vez a las empresas privadas, la responsabilidad que tiene de contribuir al desarrollo equitativo y sostenible. Esto también dio lugar a la creación de las ISO. (Samayoa, s/f).

La ISO (Organización Internacional para la Normalización o International Organization for Standardization) es una organización no gubernamental compuesta por representantes de los organismos de normalización nacionales, destinada a generar normas industriales y comerciales con la finalidad de coordinar, según Uribe y Bejarano (2008) las normativas nacionales, en consonancia con el Acta Final de la Organización Mundial del Comercio, con el propósito de facilitar el comercio y así mismo promover el intercambio de información. (Barroeta et al., 2019) Básicamente las normas ISO son estándares que tienen un reconocimiento internacional, las cuales fueron creadas con el objetivo de ayudar a las empresas a establecer niveles de homogeneidad en relación con la gestión, prestación de servicios y el desarrollo de productos en la industria.

En el 2005 se empezó a trabajar en función de la Responsabilidad social no solo de las empresas sino a nivel público y privado a nivel mundial. (Samayoa, s/f) La responsabilidad social tiene claros antecedentes en el siglo XIX, pero no hasta el siglo XX, a la par de los avances del desarrollo sostenible, postulando una nueva visión de la empresa, con pertenencia social, adecuándose a las demandas de una sociedad más consiente, sin perder de vista la necesidad de producción y crecimiento sustentable. (Rengifo Medina & Sánchez Segura, 2022) Las responsabilidades sociales tuvieron que ser adoptadas por empresas, así como la sociedad en general, esto con la intención de que no solo las industrias se sientan comprometidos, si no todo aquel individuo que tiene contacto con el medio ambiente en general se sienta con el mismo compromiso de la responsabilidad.

En el 2010 se aprueba oficialmente a nivel internacional la Norma de Responsabilidad Social. La norma ISO 26000 que es la de la responsabilidad social es una norma internacional diseñada para ser utilizada por organizaciones de todo tipo. (Samayoa, s/f) Esta norma fomenta la aplicación de las mejores prácticas de la responsabilidad social en todo el mundo. Tiene como objetivo contribuir a las organizaciones.

METODOLOGÍA

En la presente investigación utiliza una metodología documental para el análisis y exposición de las tecnologías limpias en la industria manufacturera. Mediante la consulta de textos como artículos, revistas científicas y libros de acuerdo con el tema de estudio. Las bases de datos consultadas fueron Google Académico, Scielo y Latindex. Los criterios de selección fueron:

- 1) Los documentos más citados o que por lo menos tuvieran 3 citas.
- 2) Documentos publicados en los últimos 5 años.
- 3) Después, se seleccionó detalladamente cada documento para que este tuviera coherencia con el objetivo de la investigación.
- 4) El resultado de la selección fue de más de 20 documentos.
- 5) El análisis documental se llevó a cabo mediante la obtención de información de cada artículo y de autoría propia.
- 6) Finalmente, estos fueron los documentos más citados que integre a la presente investigación y que considere de mayor impacto:

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

Tabla 1. Documentos más citados y de mayor impacto. Elaboración propia.

Nombre de la investigación	Cantidad de veces citados	Indexación	¿Porque se consider relevante para la investigación?
Algunas herramientas para la prevención, control y mitigación de la contaminación Ambiental.	31	Si	Contiene información acerca de la contaminación ambiental, además de que integra herramientas para su mitigación.
Tecnologías limpias como fuente de ventaja competitiva.	14	Si	Concientiza a los lectores sobre la adopción de las tecnologías limpias y su repercusión en la calidad de vida de las personas y los demás seres vivos del planeta.
Producción más limpia en la industria alimentaria.	99	Si	Contiene información acerca de estrategias, además de los principios de la producción más limpia e implementación de programas.
Tecnologías limpias y medio ambiente en el sector industrial peruano. Casos prácticos.	13	Si	Este artículo busca sensibilizar a los actores del sector industrial con relación a la importancia del factor ambiental y la producción más limpia y amigable con el entorno como fuente de competitividad
Teorías económico-ambientales y su vínculo con la dimensión social de la sustentabilidad en Áreas Naturales Protegidas.	17	Si	El artículo identifica los caracteres de cada teoría, su relación con la sustentabilidad y con las políticas que promueven.
Modelo de gestión ambiental ISO 14001: evolución y aporte a la sustentabilidad organizacional.	41	Si	Se analiza el alcance y los beneficios que trae consigo la integración del modelo de gestión ambiental ISO 14001: 2015.

De acuerdo con esta metodología, el orden del proyecto queda establecido de la siguiente manera:



Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

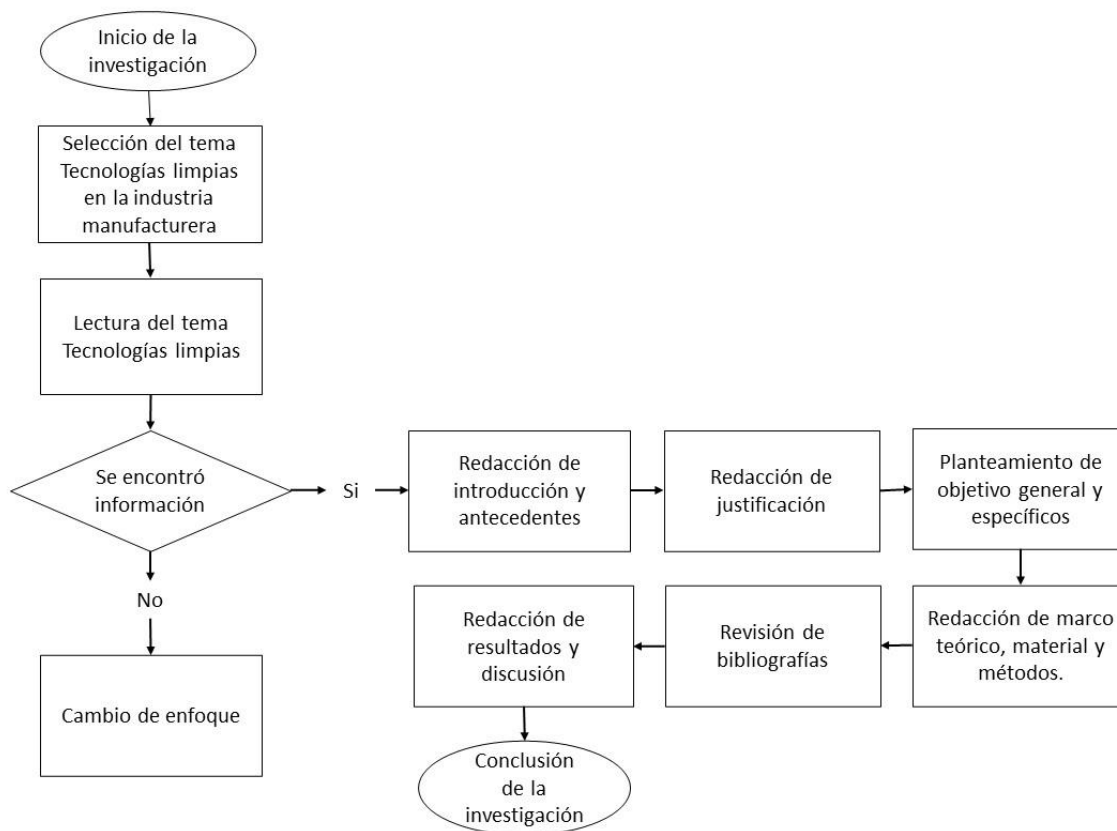


Figura 1. Documentos más citados y de mayor impacto. Elaboración propia.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El comercio mundial de las tecnologías limpias aumento 60% de 2006 a 2016 y ha ido en aumento desde esos años, además del valor de los servicios relacionados. La aplicación de las tecnologías limpias brinda a las empresas ventajas destacables a mediano y largo plazo, las cuales agregan valor a la empresa, así como una mejor imagen corporativa y lo más importante cuidar al medio ambiente, generando menos residuos o aminorando el impacto negativo que estas mismas producen. Las empresas además de la aplicación de estrategias pueden incorporar acciones complementarias para la reducción del impacto ambiental, utilizando todo lo que esté a su mano y contando con la participación de todo el personal. Otro punto importante es que la aplicación de las tecnologías limpias promueve el desarrollo económico, creando empleos y la innovación, al mismo tiempo fomenta la resiliencia económica y climática. (García & Hernández, 2018).

Estas mismas aplican un enfoque holístico para enfrentar las barreras al comercio, el cual podría ayudar a los países en desarrollo a aprovechar aún más las oportunidades comerciales de este sector. Invertir en el uso de las tecnologías limpias puede impulsar el desarrollo sostenible al enfrentar el cambio climático, aumentar la resiliencia, y apoyar el logro de los objetivos de desarrollo sostenible. Ser una empresa con tecnologías limpias no es solo tener la imagen verde, hoy en día es un requerimiento indispensable para todas las industrias, sin importar su giro.

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

Ser una empresa con tecnologías limpias no es solo tener la imagen verde, hoy en día es un requerimiento indispensable, sin embargo, no todas las empresas usan correctamente los recursos naturales. Cada empresa dependiendo de su giro genera grandes cantidades de desechos, lo cual representa un impacto negativo en el medio ambiente. Lo importante es conocer que hacen las empresas para reducir o mitigar ese impacto. Estas son algunas de las empresas más grandes en México y sus estrategias como contribución al medio ambiente.

CONCLUSIONES

Realizar un estudio de este tipo genera información pertinente sobre una serie de variables que pudieran incidir en la capacidad productiva de la minería metálica y no metálica en México. Así, al considerarlas en la generación de servicios tecnológicos o consultoría a través de la planeación de políticas públicas, se podría contribuir a la mejora de resultados en términos sectoriales y regionales. Como punto de partida, el estudio caracteriza a la minería del país describiendo su importancia relativa en la economía, pasando revista a su dinámica, la distribución de sus recursos mineros, su perfil de especialización y su infraestructura. Usando el enfoque de las teorías de la localización, debido a la naturaleza de esta actividad productiva, fue posible realizar un análisis de eficiencia técnica que permitió comparar el desempeño productivo entre todas las entidades federativas.

Para el cálculo de la eficiencia se empleó el Análisis de Envoltante de Datos (DEA) por ser un método no paramétrico, que no requiere la formulación puntual de una función de producción. Aunque la literatura ha identificado al menos cuatro métodos para la medición de la eficiencia, se decidió utilizar métodos no paramétricos, ya que determinar una función de producción (y con ello, por ejemplo, aplicar el método de fronteras estocásticas) es, por sí misma, una propuesta para un tema de investigación autónomo, que, además, demanda que las unidades económicas (en este caso las entidades federativas) empleen estructuras de producción similares.

Lo anterior es especialmente difícil dada la naturaleza del bien considerado en el modelo, de no ubicuidad y, por ello, de no comparable intensidad de producción. No obstante, lo anterior, se subraya la necesidad de ampliar en estudios ulteriores los presentes resultados a una comparación con otros procedimientos, de manera que se bonifique a la representación de hallazgos más certeros en la descripción del objeto de estudio que nos ocupa. Los resultados encontrados sugieren que la eficiencia media a nivel nacional y el número de entidades plenamente eficientes tendió a disminuir entre 2000 y 2018. Además, se identificaron a Sonora y Coahuila como los referentes de comparación para otras entidades como Zacatecas y Guanajuato, o a Tlaxcala como referente para entidades como Baja California Sur y Morelos.

El análisis permitió comprobar que en aquellas entidades en donde la presencia de la minería es importante en su economía, el sector minero no metálico resulta con altos niveles de eficiencia en comparación con el resto de los estados, encontrando algunas excepciones como Tlaxcala. Según (Gaytán & Benita, 2014) gran número de investigaciones que tratan el tema de la eficiencia se enfocan únicamente en estudiar el comportamiento de los productores en cuanto a su eficiencia y a su capacidad de maximizar beneficio.

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

Tabla 2. Tabla comparativa de las estrategias de la aplicación de las tecnologías limpias.

	Reducción de las emisiones de CO2	Reciclaje de recursos	Recursos hidrológicos	Conservación de la biodiversidad
Panasonic	Utiliza la tecnología de unos sensores para identificar el consumo de energía innecesario y ahorra electricidad de manera automática.	Recursos reciclados en base al concepto de "Producto a Producto". Reducir a cero las emisiones mediante la reducción de los desechos finales a mínimos absolutos.	Rentabilizan el consumo del agua a través de la mejora del control del flujo del agua y la utilización cíclica. Recuperación y reciclaje del agua residual.	Aumento del número de productos que fomentan la conservación de la biodiversidad. Promover procesos de adquisición de madera ecológica para conseguir una utilización sostenible de los recursos forestales.
Coca-Cola	Trabajan en colaboración con Carbon Trust, una organización internacional de expertos independientes con el objetivo de disminuir su huella de carbono a nivel mundial.	El 98% de los empaques están diseñados para reciclarse. Innovando al incluir nuevos materiales, sistemas de entrega y modelo de negocios con envases reusables o rellenables.	Tiene como compromiso regresar al medio ambiente y a la comunidad la misma cantidad de agua utilizada en sus procesos de manufactura	Capacitando al 100% los colaboradores con el fin de acelerar el cambio de comportamientos y también a través del poder de sus marcas con propósito, fomentando hábitos de consumo responsable e incentivando una cultura de reciclaje
Grupo Bimbo	Aplicación de buenas prácticas. Aplicación de estrategia de refrigerantes para reemplazar gradualmente los de alto impacto ambiental por refrigerantes naturales o de bajo potencial de calentamiento global.	Prácticas para aumentar el reciclaje de nuestros residuos promoviendo igualmente una economía circular con proveedores.	Reducción del uso de agua, tratarla, reutilizarla y utilizar fuentes alternativas, a través de la recolección de agua de lluvia.	En sus centros de venta y distribución realizan acciones para reducir el impacto en el uso de agua, hoy en día cuentan con recolección de agua pluvial 76 de sus sitios de trabajo.
Grupo Financiero Banorte	Establecen metas de reducción de CO2 a mediano y largo plazo con	Cuentan con un Programa de Separación de residuos. Logrando tener un control	Sus edificios administrativos cuentan con economizadores de agua en los lavabos,	Promueven el aprovechamiento sustentable de espacios urbanos. Su eje de acción



Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

	base en estándares científicos internacionales.	sobre los residuos reciclables y no reciclables de sus operaciones para poder fomentar iniciativas de economía circular.	mingitorios secos e inodoros de bajo consumo. Además cuentan con un sistema de captación de agua en las azoteas y coladeras convencionales con la finalidad de llevar el agua captada hacia una cisterna de recuperación de agua pluvial.	principal es la azotea verde. Aunado a esto, fomentan la concientización ambiental a través de talleres, pláticas y capacitaciones que van dirigidos a grupos de interés en los diferentes aspectos esenciales del cuidado del medioambiente.
Herdez	Conversión y adaptación de equipos, al mismo tiempo incentivando el cambio de conducta de los colaboradores y acciones de ahorro en equipos de procesos, lo que redujo las emisiones.	Plan de manejo de residuos posconsumo enfocada en el manejo de envases y empaques posterior al consumo, además de la incentivación de un movimiento llamado “Por un mundo más vivo” en donde se invita a los consumidores a reciclar, reutilizar y reducir los empaques de hojalata.	Para reducir la descarga de agua con residuos, desarrollaron un sistema de tratamiento en todas las plantas, también instalaron sistemas de recolección y reutilización de agua de homogeneizadores.	Realizan sinergias entre áreas clave de la Compañía y grupos de interés para diseñar estrategias, directrices y políticas enfocadas en generar acciones que impacten positivamente en este pilar de estrategia de sustentabilidad.
Walmart	Migrar a refrigerantes con menor impacto ambiental resulta un aspecto clave de la estrategia para lograr ser Cero Emisiones.	Sustitución del plástico virgen por otros materiales, por ejemplo; plástico reciclado, cartón o biobasados. Cambios en especificaciones en productos de Nuestras Marcas para utilizar menor cantidad de material.	Reducir la intensidad de consumo de agua por m ² de construcción. Además de recuperar y reciclar agua a través de plantas de tratamiento.	Buscan conservar, proteger y restaurar el capital natural por medio del abastecimiento sustentable. Se enfocan en los commodities prioritarios para promover la cero deforestación como aceite de palma, papel, pulpa y madera.
Televisa	Cuantificando e identificando las principales fuentes de emisión, y gestionando acciones sistemáticas para reducirlas	La pulpa de papel se utiliza para fabricar papel para imprimir y escribir, cajas de cartón y otros artículos de papel con un porcentaje de papel reciclado. Con el PET Se fabrican cajas,	Reducción del consumo de agua del 10% para 2022. Generan un ahorro de 150 mil litros de agua al año a través de urinarios ecológicos instalados en las instalaciones.	La compañía reconoce la importancia de la gestión de temas ambientales, por ejemplo en materia energética, están gestionando programas de energía limpia y



Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

con programas de alto impacto y una transparente rendición de cuentas.	recipientes de varios tipos, tubería de drenaje, sillas, recipientes para alimentos y bebidas, y ropa.	eficiencia energética para mitigar su huella ambiental.
--	--	---

Existen muchas ventajas en la aplicación de las tecnologías limpias, así como también desventajas. En este caso nos centraremos en las ventajas más destacables que estas implican a mediano y largo plazo.

Tabla 3. Tabla de las ventajas de la aplicación de las tecnologías limpias.

Ventaja a mediano plazo	Ventaja a largo plazo
Reducción de costos por optimización del uso de materias primas e insumos en general.	Reducción en los niveles de inversión asociados a tratamiento y disposición final de residuos.
Disminuye el riesgo ambiental para la salud y accidentes laborales.	Ahorro por mejor uso de los recursos.
Aumenta la motivación del personal.	Aumento de las ganancias.
Aumento de la eficiencia de los procesos.	Mejora el posicionamiento del producto que se vende.
Mejora la imagen pública de la empresa.	Facilita el acceso a nuevos mercados.
Aumenta la calidad del producto.	Aumenta las ventas y el margen de ganancias.
Cumplimiento de los requisitos ambientales de la empresa.	Permite su desarrollo sostenible.
Optimización de los procesos y de los recursos.	Nula emisión de gases de efecto invernadero.
Promueve la innovación.	No crea problemas de basura difíciles de resolver.
Acrecienta la eficiencia de la utilización de los recursos naturales.	Generación de empleos indirectos.
Genera menos desperdicios.	Mejora la productividad.

Las empresas deben invertir en la aplicación de las tecnologías limpias, lo que de momento para la empresa sería una “perdida”, después se convertirá en una ventaja estratégica para su crecimiento.

una propuesta de acciones complementarias que las empresas podrán aplicar para contribuir con el cuidado del medio ambiente. Más allá de la aplicación de estrategias enfocadas en las tecnologías limpias. Las empresas pueden incluir acciones para la reducción del impacto ambiental, esto con la participación de todo el personal.

Reciclaje.

Tener contenedores en varias áreas de la empresa para separar los residuos como orgánica, plásticos, desechos tóxicos, etc.

Reutilizar las hojas por la parte blanca (por la parte ya utilizada, para que no exista confusión hacer una línea vertical en toda la hoja).

Aumentar el uso de archivos electrónicos, para disminuir el almacenamiento de papel.

Evitar el uso de desechables de unicel.



Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

Energía eléctrica.

Aprovechar la luz natural incorporando tragaluces en la empresa.

Adquirir productos de mayor eficiencia energética que lleven la etiqueta de ahorro energético de clase A.

Optar por la obtención de bombillas de bajo consumo.

Moderar el uso de la calefacción y del aire acondicionado dependiendo de las áreas ya sea por la actividad que se realice, el horario y frecuencia.

Instalar paneles solares, ya que estos pueden representar un ahorro de hasta el 99% en energía eléctrica.

Aplicación de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos para evitar pérdidas energéticas que requieran de mayor consumo de electricidad.

Agua.

Contar con sensores de control por infrarrojos en las llaves y cisternas para evitar desperdicios.

Identificar el tipo de aguas residuales para que sea posible su reutilización a través de procesos de tratamiento de aguas y tratamiento de aguas residuales.

Residuos peligrosos.

Establecer programas de manejo de residuos.

Colocar recipientes bien identificados para recolectar los residuos.

Evitar la generación de residuos peligrosos dando el correcto mantenimiento a los equipos en tiempo y forma.

Otros.

Capacitar a los empleados acerca de la educación ambiental.

Promover las acciones complementarias con todos los involucrados.

Realizar cada 6 meses una planta de árboles y darle seguimiento.

Realizar juntas para informar acerca las estrategias que aplica la empresa y los resultados que está obteniendo.

Apagar todos aquellos dispositivos que no se requieran.

Reducción del uso de automóvil, implementando transporte de personal para los trabajadores.

Comprar productos que en la etiqueta diga que son biodegradables.

Como conclusión de este proyecto “Tecnologías limpias en la industria manufacturera” ha sido analizado como una gran ventaja competitiva, de la que cualquier empresa sin importar su giro, sea grande, mediano o pequeña pueda incluir el uso de las tecnologías limpias o incorporar acciones complementarias en su proceso.

Se busca que esta investigación sea funcional para el campo industrial manufacturero, pero también puede ser de ayuda para empresas dedicadas al servicio, ya que en uno de los objetivos se exponen

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

las estrategias aplicadas en empresas manufactureras y de servicio. Esta investigación puede ser de ayuda para aquellas empresas que quieran empezar en la adopción de las tecnologías limpias o aquellas que no tengan conocimiento acerca de ellas y estén interesadas en su implementación.

REFERENCIAS

AVELINO, C. (2021). *INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA*. 23.

Ávila-López, C. M., Pinkus-Rendón, M. J., Ávila-López, C. M., & Pinkus-Rendón, M. J. (2018). Teorías económico-ambientales y su vínculo con la dimensión social de la sustentabilidad en Áreas Naturales Protegidas. *CienciaUAT*, 13(1), 108–122.
<https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.960>

Barroeta, D. A. V., Manrique, M. C. A., & Hernández, A. J. S. (2019). *SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL BASADOS EN ISO 14001: BENEFICIOS E IMPLICACIONES DEL MARCO REGULADOR VENEZOLANO*. 2(1), 17.

Béchamp, N. (2021). Canadá: Un país de oportunidades para la inversión extranjera en agroalimentación, tecnologías limpias y transporte. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española*, 3140, 59–71.

Canales, H. J. S. (2020). Tecnologías limpias como fuente de ventaja competitiva empresarial. *ACADEMO Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*, 7(1), Art. 1.

Cárdenas-Cabello, F. (2021). Política ambiental del gobierno de México. Una aproximación desde el pensamiento complejo. [Environmental policy of México's government from complexity]. *Ecociencia International Journal*, 3(4), Art. 4. <https://doi.org/10.35766/ecociencia.21.3.4.5>

Castellanos. (2020). (PDF) *La adopción y difusión de tecnologías limpias: Aplicación a la industria del papel en España*.
https://www.researchgate.net/publication/28085795_La_adopcion_y_difusion_de_tecnologias_limpias_aplicacion_a_la_industria_del_papel_en_Espana

García, J. P., & Hernández, R. M. (2018). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN AMÉRICA LATINA*. 54.

González-Acolt, R., Macías-Acosta, R., & León, L. L. H.-D. de. (2021). Medio ambiente e innovación en empresas de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 82, Art. 82.
<https://doi.org/10.33064/iycuaa2021823541>

López, G. C. (2018). *Medio ambiente y generación de energía en México*. 19.

Rengifo Medina, C. N., & Sanchez Segura, S. M. (2022). Responsabilidad social empresarial y desarrollo sostenible: Reflexiones desde la ética aplicada. *Universidad Privada del Norte*.
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30899>

Salas Canales, H. J., & Salas Canales, H. J. (2020).
http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2414-

Percepción del uso de las tecnologías limpias aplicadas en la industria manufacturera en México

89382020000100097&Ing=en&nrm=iso&tIng=es. *Academo (Asunción)*, 7(1), 97–104.

<https://doi.org/10.30545/academo.2020.ene-jun.10>

Salas-Canales, H. J. (2021). Educación ambiental y su contribución al cuidado y protección del ecosistema. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 21(21), 229–246.

Samayoa, A. (s/f). *Textos y mediación pedagógica*. 62.

Sotomayor Cabrera, A., & Power Porto, G. (2019). Tecnologías limpias y medio ambiente en el sector industrial peruano. Casos prácticos. En *Repositorio Institucional—Ulima*. Universidad de Lima, Fondo Editorial. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/9328>

Tellez, Lopez. (2017). *Tecnologías Limpias*. calameo.com. <https://www.calameo.com/read/005253559e885bf45c76d>

Zambrano-Carranza, D. M., Pérez-Parra, J. C., & Perero-Espinoza, G. A. (2021). EVOLUCIÓN DE LA NORMA ISO 14001 Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL ECUADOR. *REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA YACHASUN - ISSN: 2697-3456*, 5(8 Ed. esp.), Art. 8 Ed. esp. <https://doi.org/10.46296/yc.v5i8edespijun.0096>

Viña, L. V. B. (2020). Aproximaciones teóricas y metodológicas respecto a las estrategias de producción limpia en la industria de alimentos. *Ingenio Libre*, 8(18), Art. 18. <https://doi.org/10.18041/2322-8415/ingelibre.2020.v8n18.6953>

Monroy-Ávila, E. F., Peña-Monroy, C. A., Garzón-Cortes, G. del P., Monroy-Ávila, E. F., Peña-Monroy, C. A., & Garzón-Cortes, G. del P. (2019). Estrategias de producción más limpia - PML: Caso aplicado a la industria de curtiembre. *Producción + Limpia*, 14(1), 61–75. <https://doi.org/10.22507/pml.v14n1a5>

Martínez Hernández, J. J. (2021). Las presiones institucionales y el desempeño ambiental de las empresas certificadas a través de la regulación ambiental voluntaria en México. http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/575

Martínez Villalobos, C. (2019). Influencia de la responsabilidad ambiental y la innovación en el desempeño económico de las empresas manufactureras de México. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/1760>

8 proyectos de empresas amigables con el medio ambiente. (2017, junio 5). *Expansión*. <https://expansion.mx/negocios/2015/06/05/8-proyectos-de-empresas-amigables-con-el-medio-ambiente>

Jaramillo, R. (2018). *PRODUCCION +LIMPIA*. 23.

Las empresas más sustentables de México • Forbes México. (s/f). Recuperado el 24 de octubre de 2022, de <https://www.forbes.com.mx/las-empresas-mas-sustentables-de-mexico/>

Contribución al medio ambiente del planeta—Sostenibilidad—Acerca de nosotros—Panasonic España. (s/f). Recuperado el 24 de octubre de 2022, de <https://www.panasonic.com/es/corporate/sostenibilidad/eco.html>



Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca *sativa*

Technologies for production traceability in mexican southeast: a digital log test case on lactuca *sativa*

Gonzalo Miguel Quetz Aguirre ¹
Marlene Méndez Moreno ²
Ángel Francisco Can Cabrera ³
Mario Ben-Hur Chuc Armendáriz ⁴
Felipe de Jesús González Rodríguez ⁵

RESUMEN

La introducción de tecnología agrícola, el seguimiento oportuno y el registro histórico de los cultivos, actualmente son fundamentales para obtener buenos rendimientos en las diferentes especies a cultivar y como consecuencia la rentabilidad de la agricultura. El presente trabajo de innovación muestra los resultados obtenidos en el desarrollo de una bitácora agrícola digital, que permite el monitoreo puntual de cultivos, facilitando entre otros, la determinación de trazabilidad del cultivo, la detección temprana de plagas, enfermedades y el control de insumos para la reducción de costos de inversión, que en conjunto mejoran los rendimientos y la calidad en el proceso de producción. La bitácora agrícola digital se puso a prueba registrando los procesos del manejo agrícola realizados a una plantación de 1200 especímenes de *Lactuca sativa* comúnmente conocida como Lechuga orejona que forman parte de un proyecto de producción de hortalizas orgánicas. Entre los resultados destaca que el software ha recibido el registro de cuatro semanas de trabajo agrícola durante las cuales no se observaron errores en el código, salvo ajustes menores. Fue posible realiza un registro histórico de los insumos implementados y registrar las condiciones en las que se presentan las principales plagas y enfermedades.

PALABRAS CLAVE: Trazabilidad, Innovación, Precisión, Software, Bitácora Digital.

Fecha de recepción: 30 de junio, 2023.

Fecha de aceptación: 19 de septiembre, 2023.

¹ Dr., Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, México, gquetz@itescam.edu.mx

² Dr., Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, México. Autor de correspondencia, mmendez@itescam.edu.mx

³ Dr., Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, México, afcan@itescam.edu.mx

⁴ Dr., Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, México, mbchuc@itescam.edu.mx

⁵ Dr., Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, México, figonzalez@itescam.edu.mx

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca sattivá**ABSTRACT**

The agricultural technology introduction, timely monitoring and historical record of crops are currently essential to obtain good yields and as a consequence, the agriculture profitability. This innovative work shows the results obtained in the development of a digital agricultural logbook, which allows timely monitoring of crops, facilitating, the crop traceability, early detection of pests, diseases and the control of inputs for the reduction of investment costs, which together improve yields and quality in production process. The digital agricultural log was put to the test by recording the agricultural management processes carried out on a plantation of 1200 specimens of *Lactuca sattivá* commonly known as Orejona lettuce that are part of an organic vegetable production project. Among the results, it stands out that the software has received the record of four weeks of agricultural work during which no errors were observed in the code, except for minor adjustments. It was possible to make a historical record of the inputs implemented and record the conditions in which the main pests and diseases success.

KEYWORDS: Traceability, Innovation, Precision, Software, Digital Log

INTRODUCCIÓN

La agricultura convencional, una práctica arraigada en innumerables partes del mundo principalmente en países subdesarrollados, considera las condiciones del terreno como homogéneas, de tal forma que, aplica la misma cantidad de insumos a diferentes superficies de siembra como agua y fertilizantes por mencionar algunos (Mantovani, E., Carvalho, F., y Queiroz, D., 2006). En años recientes, se ha dado a conocer que considerar homogénea la superficie de siembra no solo incrementa los costos de inversión y aumenta los riesgos de contaminación ambiental, sino que también reduce los rendimientos de cada especie por ciclo de cultivo. Este modelo de producción agrícola fue adoptado desde la década de los cincuentas y busca generar un sistema de producción de alta eficiencia, pero para ello depende de un alto uso de insumos sintéticos (agroquímicos), donde el manejo monocultivista se justifica como herramienta fundamental para lograr la mayor eficiencia del proceso productivo. Sin embargo, este sistema de producción ha mostrado serios problemas de sostenibilidad en veinte o treinta años de uso intensivo (INCyTU, 2018).

En contraparte, surge la agricultura de precisión, en la que se aplica la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar requerido, mediante el análisis y control de la variabilidad espacio-temporal del terreno y del cultivo. La agricultura de precisión incorpora innovación tecnológica que puede aportar mayor productividad no solo en términos de rendimiento por unidad de superficie sino, fundamentalmente la posibilidad de optimizar y flexibilizar el uso de los recursos productivos agrícolas (Gelb, 1994).

Esta técnica suministra distintas cantidades de insumos tomando en cuenta la variación en los componentes del suelo, tales como, textura, acidez, humedad, topografía o relieve en el desarrollo vegetal y en las condiciones entre temporadas de siembra. La agricultura de precisión posee tres etapas: recopilación de datos, análisis de información e implementación de las técnicas más adecuadas (INCyTU, 2018; Ortega, R. y Flores, L., 1999).

En el sureste mexicano, se utiliza la agricultura convencional mayormente de traspatio. Este tipo de práctica se caracteriza por un manejo agrícola originado de conocimientos empíricos no justificados, transmitidos de generación en generación entre los agricultores locales. Las dos principales especies cultivadas en la zona son las hortalizas y el maíz blanco, este último con un rendimiento en temporal de 2.7 toneladas por hectárea según el anuario estadístico (INEGI, 2017), siendo, rendimientos muy bajos en relación a la media nacional de 3.7 toneladas por hectárea en temporal y de 7.5 toneladas por hectárea bajo tecnología de riego. (Montesillo-Cedillo, 2016). Por lo que se puede deducir que

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca *sativa*

se requiere un cambio de la metodología de manejo agronómico de los diferentes cultivos de la región que contemple la integración de innovaciones tecnológicas que ayuden a observar nichos de oportunidad y permitan proponer modificaciones en los sistemas de producción.

En el estado de Yucatán se ha hecho notar la necesidad de un seguimiento puntual de las actividades del manejo agronómico que permitan evidenciar la trazabilidad, aspecto fundamental en la determinación de la calidad y el logro de una certificación por su manejo orgánico. Atendiendo estas necesidades, el objetivo de este trabajo es la obtención de una bitácora agrícola digital que permita la recopilación de datos y la generación de un registro histórico del manejo agronómico.

JUSTIFICACION

En la Península de Yucatán existen diversas problemáticas que afectan la sostenibilidad de las prácticas agrícolas, entre ellas destacan: el uso excesivo de agroquímicos que pueden contaminar el suelo y causar la muerte de insectos polinizadores esenciales para la producción de alimentos, la escasez de agua y gestión inadecuada, ya que es una región con acuíferos subterráneos frágiles y la sobreexplotación de estos acuíferos y la falta de prácticas de gestión sostenible pueden llevar a la escasez de agua y a la intrusión salina en los cultivos.

Por otro lado, el cambio climático está alterando los patrones de temperatura y precipitación en la región, las sequías más frecuentes y los eventos climáticos extremos pueden aumentar la inseguridad alimentaria y la pérdida de cultivos, siendo necesario la toma de decisiones adecuada.

Considerando estos desafíos, la propuesta representa una herramienta necesaria para mejorar la eficiencia y productividad en la industria agrícola, permitirá a los agricultores llevar un registro detallado de todas las actividades realizadas en el campo, desde la siembra hasta la cosecha, lo que incluye información sobre el tipo de cultivo, la fecha de siembra, el tipo de suelo utilizado, los fertilizantes y pesticidas utilizados, las condiciones climáticas y cualquier otra información relevante.

Esto facilitará la gestión del campo al permitir una mejor planificación y toma de decisiones basadas en datos precisos. Los agricultores podrán analizar los datos recopilados para identificar patrones y tendencias en el crecimiento del cultivo y ajustar sus prácticas agrícolas en consecuencia, lo que es benéfico para evidenciar la trazabilidad de la producción.

Proyectos de software de gestión agrícola como: FarmLogs, Agworld, y Cropio demuestran la viabilidad de la propuesta, enfocada en beneficios como: optimización de operaciones agrícolas, reducción de pérdidas y desperdicios, monitorización en tiempo real, desarrollo sostenible, escalabilidad, cumplimiento normativo y trazabilidad.

METODOLOGÍA

INEGI reporta en su censo agropecuario 2022 que de la superficie total del país de 196.5 millones de hectáreas, 88.4 millones de has. son superficies en uso o con vocación agropecuaria, que representa el área de las unidades de producción ya sea destinada para el cultivo de plantas o a la cría de animales. Esto quiere decir que el 46.1% del área rural es utilizada para este tipo de labores. Comparado con los resultados obtenidos en el censo agropecuario 2017 ha habido un incremento en la superficie de uso agrícola, pasando de 31 190 141 a 32 121 641 hectáreas.

El número de unidades de producción agropecuaria activas en el país es 4 440 265 mientras que las unidades de producción agropecuaria en descanso son 565 505.

A pesar del incremento de la superficie en uso, las unidades de producción se siguen enfrentando a un conjunto de problemas, siendo los más comunes los altos costos de insumos y servicios, los factores climáticos y la baja de precios y disminución de ventas a causa de la pandemia. (INEGI, 2023)

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca sattiv

Con estas consideraciones y tomando en cuenta la totalidad de las unidades agrícolas, se percibe un número importante de unidades que podrían ser beneficiadas con el desarrollo del software, sin embargo, de momento será enfocado a las unidades ubicadas en la península de Yucatán.

Buscando apoyar la etapa de recopilación de datos de la agricultura de precisión que permita resolver las problemáticas actuales, se programó una aplicación de escritorio en lenguaje Java, operada desde un servidor web en donde se almacenaron los registros del cultivo, las actividades para el manejo agronómico y los datos de los responsables de implementar cada actividad, para que posteriormente puedan ser analizados y faciliten la toma de decisiones sobre técnicas y aplicación de insumos, incrementando la posibilidad de éxito con mayores rendimientos y la calidad en el proceso de producción.

Para la programación del software fue utilizado el modelo de desarrollo evolutivo por prototipos, el cual conduce a la construcción de un prototipo que es evaluado por el cliente para que, a partir de su retroalimentación se realicen los ajustes necesarios hasta cumplir con los requerimientos. (Pressman, 2010)

Este modelo de desarrollo requiere que se definan los objetivos generales del software, identificar requerimientos básicos y detectar las áreas en las que es imprescindible prestar mayor atención para el desarrollo del programa. El modelo de desarrollo evolutivo por prototipos se centra en la representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para los usuarios finales, por ejemplo, la disposición de la interfaz humana o los formatos de la pantalla de salida (Pressman, 2010). Fueron consideradas dos entidades denominadas administrador y técnico que representan los roles disponibles en la aplicación.

1.1. Características del software

Para dar uso a la aplicación, es necesario validar el usuario y la contraseña. La bitácora agrícola digital admite dos tipos de roles, el rol administrador y el rol técnico como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Pantalla de acceso al sistema

El software desarrollado está compuesto por cinco módulos, de los cuales cuatro contienen herramientas para el rol de administrador como se muestra en la Figura 2, siendo posible ingresar

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca sattivá

los datos del cultivo, los datos del material o insumos, realizar una revisión de las actividades de los técnicos y por último se incluye un espacio para la recuperación de contraseñas.

Inicialmente el administrador da de alta en la bitácora digital el o los cultivos a los que se dará seguimiento. Durante el proceso de seguimiento, el administrador puede establecer en el momento que considere oportuno, las actividades que serán realizadas en el manejo agronómico, definiendo la dosis y método de aplicación de los diferentes insumos como se muestra en la Figura 3. De igual manera, extrae el reporte de cada una de las actividades programadas tomando nota de las incidencias que se presentaron.



Figura 2. Opciones del administrador

El rol de técnico contiene una herramienta para consultar actividades programadas para el cultivo como se muestra en la Figura 3, revisando y ejecutando las actividades programadas por el administrador en la bitácora agrícola digital, al mismo tiempo dan uso del espacio disponible para reportar las incidencias como se muestra en la Figura 4.



Figura 3. Registro de actividad a realizar

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca sativa

Clav...	Nom...	Esp...	Vari...	Fecha	Hora	ID_A...	Des...	Vari...	Ruta...	N.Act...
19	NOC	La N.	Riego	10/7	16:41	2	prod.	CRE	C/U	1
21	Lech...	Nem.	Riepp	01/0	09:00	2	Prod.	Tam.	C/U	1

Figura 4. Actividades capturadas

Al concluir la actividad el técnico reporta en la bitácora agrícola digital las observaciones y complicaciones presentadas en su realización, como se muestra en la figura 5, pudiéndose revisar por parte del administrador como se muestra en la figura 6.

Codigo de la planta que se esta trabajando: 21 Codigo del material que se esta trabajando: 32

Ingrese la informacion final en los campos de abajo

Observaciones

Complicaciones

Satisfacciones

Ruta

Fecha

Hora

Matrícula

Altura Diametro tallo Peso

Listo Regresar

Figura 5. Registro de actividades de los técnicos.

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca *sativa*

ClaveBitacora	ClaveActivid.	ClaveMaterial	Observacio.	Complicac.	Satisfaccio.	Fecha	Hora	ClaveAlumno	Altura	DiametroTal.	Peso
1	3011	3012	deeeeeee	deeeeeee	deeeeeee	30/5/2018	11:57	1032	12.0	13.5	14.5
2	3011	4013	ededeede	ededeede	ededeede	1/6/2018	14:50	2032	12.3	12.4	32.8
3	3011	4013	dedede	dedede	dedede	3/6/2018	10:47	2032	12.5	12.4	34.8
1003	4012	4014	dedede	dedede	dedede	4/6/2018	11:24	2033	12.4	12.5	4.5

Figura 6. Revisión de actividades realizadas

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Entre los resultados destaca que el 100% de las actividades del manejo agronómico fueron registradas en la bitácora agrícola digital durante cuatro semanas, que fue posible realizar un registro histórico de los insumos implementados, así como de las principales plagas y enfermedades, entre ellas mosquita blanca y alternaría.

Es posible el alta de usuario para cualquiera de los dos roles disponibles, ingresar los datos del cultivo que recibirá el seguimiento puntual, ingresar los datos de los materiales, la dosis y las especificaciones para cada actividad, realizar la captura de las actividades que serán aplicadas al cultivo y hacer revisión de las actividades realizadas.

Debido a que la aplicación se encuentra disponible en un servidor comercial, se ha detectado tiempos de descarga más elevados de los considerados, dependiendo en gran medida del servicio de internet. En contra parte la disponibilidad en línea permite dar de alta actividades de manera remota facilitando el trabajo en equipo.

CONCLUSIONES

Se observó que el programa posee potencial educativo ya que permite desarrollar en los usuarios habilidades en el uso de tecnología, relacionadas con la agricultura de precisión. La participación de estudiantes en el desarrollo del software les permite poner en práctica sus conocimientos y habilidades en la solución de un problema del entorno. Se pudo dar continuidad a las actividades a pesar de incorporar a nuevos estudiantes al manejo agronómico del cultivo de la *lactuca sativa*.

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca *sativa*

La aplicación de escritorio permitió el acceso a usuarios en los dos roles disponibles, un administrador que establece las actividades que serán realizadas y un usuario técnico que realiza la actividad y reporta en la bitácora digital el status, las incidencias encontradas y observaciones sobre el cultivo.

Las pruebas de campo del software demostraron que su aplicación impacta positivamente en el seguimiento oportuno y registro histórico de los cultivos. Por ejemplo, en el caso de prueba, gracias al reporte de las condiciones registradas en el histórico, las plantas recibieron un tratamiento oportuno para el combate plagas y enfermedades, permitiendo anticiparse a los efectos negativos de la enfermedad y reducir la pérdida de plantas y el consumo de insumos. La documentación permitirá descartar y/o justificar actividades y procesos empíricos que son realizados actualmente en la práctica agrícola.

REFERENCIAS

- Anuario Estadístico y geográfico de Campeche (2017). Instituto Nacional de Estadística y Geográfica. México: INEGI.
- Bolaños D, Sierra A, Alarcón I. (2007). Pruebas de software y JUnit. Un análisis en profundidad y ejemplos prácticos. Pearson Education.
- Bongiovanni, R., Montovani, E., Best, S. y Roel, A. (eds). Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. (pp.13-22). Montevideo, Uruguay: PROCISUR.
- Bongiovanni, R., Lowenberg-Deboer, J. Precision Agriculture and Sustainability. *Agriculture* 5, 359–387 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.a>
- Campoy, T. y Gomes, E. (2009). Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos. En Pantoja, A. (Coord.). Manual básico para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación. Madrid: EOS Universitaria.
- Censo Agropecuario 2022. Resultados oportunos (2023). Instituto Nacional de Estadística y Geográfica. México: INEGI.
- Gelb, E. (1994). The economic value of information as a resource in dairy farms, fifth international congress for computer technology in agriculture. Warwickshire.
- Gliessman, S. (2015). Agroecology. The Ecology of Sustainable Food Systems. Estados Unidos: CRC Press
- Gómez A., Juristo N., Montes C., Pazos J. (1997). "Ingeniería del Conocimiento" – Primera Edición Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A.
- Larman C. (2003). "UML y Patrones" Segunda Edición. Editorial Prentice-Hall.
- Mantovani, E. Carvalho, F., y Queiroz, D. (2006). Introducción a la agricultura de precisión.
- Montesillo, J (2016). Rendimiento por hectárea del maíz de grano en México: Distritos de riego Vs. Temporal, Universidad Autónoma del Estado de México. Economía informal, num. 398. Mayo-junio. Pp 60.

Tecnologías para la trazabilidad productiva en el sureste mexicano: caso de prueba de bitácora digital sobre lactuca sattivá

- Odstrcil M. (2001). "Apuntes de Conceptos de Sistemas y Análisis Orientado a Objetos" Primera Edición – FACET, UNT.
- Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión (2018). Agricultura de precisión. No. 15. Pp.1-6. Disponible en:
https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-015.pdf
- Ortega, R., Flores, L., 1999. Introducción al manejo sitio-específico. en: Ortega, R., Flores, L. (Eds.), Agricultura de Precisión. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, pp. 13–46.
- Peart, R Shoup, W. (2004). Agricultural Systems Management Optimizing Efficiency and Performance. Estados Unidos: MARCEL DEKKER, INC.
- Pfleeger S. (2002). "Ingeniería de Software, Teoría y Práctica" Primera Edición – Editorial Prentice Hall.
- Pressman, R. (2010). Ingeniería del software. Un enfoque práctico. Editorial: McGraw Hill: México.
- Rumbaugh J., Jacobson I., Booch G. (2000). "El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia". Editorial Addison-Wesley.
- Rumbaugh J. (1997). "Modelado y Diseño Orientado a Objetos". Editorial Prentice Hall.
- Sánchez S., Sicilia M., Rodríguez D. (2012). Ingeniería del software. Un enfoque desde la guía SWEBOK: Alfaomega.
- Sommerville I (2005). Ingeniería del Software. Pearson 7a. Edición
- Schneider, G, Winters, J. (2001). Applying Use Cases. Second Edition. A Practical Guide. Ed: Addison Wesley.
- Wright, J. (2009). Sustainable Agriculture and Food Security in an Era of Oil Scarcity: Lessons from Cuba. (1 ed.) Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849772730>
- Yourdon, E.(1993). "Análisis Estructurado Moderno" Primera Edición – Editorial Prentice Hall.

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

Introduction and design of an engineering prototype in the development of science on basic education

Ezequiel Roberto Rodríguez Ramos ¹

Juan Diego Guerrero Villegas ²

Idalia Olvera Arreguín ³

María de Lourdes Collazo Oliva ⁴

RESUMEN

Para el desarrollo de este artículo se empleó como metodología el desarrollo de un modelo mediante un software de diseño, para fabricar un brazo robótico y así validar los cuatro grados de libertad de movimiento que se planearon. Gracias a esto, se generó un prototipado con el cual se pretende abordar temas básicos de ingeniería en planteles de educación básica de escasos recursos, tratando de encontrar una solución óptima y económica para su elaboración e introducción en dichas escuelas de la entidad, tratando de satisfacer necesidades específicas, como contar con equipo de aplicación ingenieril; al mismo tiempo despertar en los niños la inquietud del estudio de las ciencia y tecnología como lo es la robótica, ingeniería o mecatrónica. De igual manera, constatar cómo este diseño ingenieril puede ayudar a que escuelas de la entidad interactúen con este tipo de proyectos, destacando, que el material utilizado para la construcción del brazo fue reciclable y de bajo costo, rondando los 300.00 MNX para tratar de ayudar a la economía de las escuelas en donde se busca presentar el desarrollo.

PALABRAS CLAVE: Prototipo, prototipado, robótica, ingeniería, mecatrónica, reciclable, tecnología.

Fecha de recepción: 30 de junio, 2023.

Fecha de aceptación: 31 de julio, 2023.

¹ Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León. ezequiel.rodriquezrm@uanl.edu.mx

² Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, jguerrerov@uanl.edu.mx

³ Estudiante del Doctorado en Educación de la Universidad de Pedagogía Aplicada. idolar18@hotmail.com

⁴ Estudiante del Doctorado en Educación de la Universidad de Pedagogía Aplicada. ml.collazo.o@gmail.com

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

ABSTRACT

To develop the following paper the methodology was designed a robot arm using design software and validate four movement stages stated in our initial hypothesis. So, we create a prototype to teach engineering fundamentals in elementary schools, that can not afford to buy special equipment, mainly focusing on cheaper and desirable solution for those schools, always focus in satisfying the specific needs of the children with the access to those applications and equipment, increasing the interested of the children on science and technology such as the robotics, engineering, or mechatronics. So, with the prototype we are sure that the schools of the state will have access to these engineering projects. It is important to highlight the total cost of this project it can be done with almost \$300 MXP, because we use recycle materials, to help the finances of those schools on the program.

KEYWORDS: Prototipe, robotics, engineering, mechatronics, recyclable, technology.

INTRODUCCIÓN

Un simple vistazo a la vida cotidiana es suficiente para darse cuenta de la gran cantidad de aparatos, máquinas, artefactos y herramientas que simplifican los días. No hubiera sido posible que se desarrollaran sin que antes pasaran por una serie de pruebas y prototipados. La utilización de prototipos académicos ingenieriles tiene como objetivo principal mejorar la calidad de la enseñanza y preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI. Al brindarles la oportunidad de diseñar, construir y probar soluciones prácticas a problemas reales, se fomenta el desarrollo de habilidades técnicas, cognitivas y socioemocionales. Además, el uso de prototipos académicos puede ayudar a despertar el interés de los estudiantes por las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, disciplinas fundamentales para el avance y la innovación en nuestra sociedad.

Eloísa Bernardett en su estudio "Prototipo Didáctico de Plano Inclinado con Características iot", destaca que el aprendizaje por medio de un prototipo promueve y estimula el interés en el aprendizaje de las ciencias ya que al mismo tiempo puede satisfacer las necesidades actuales en los planteles educativos relacionados al presupuesto económico con el cual cuentan las instituciones educativas. [1]

En el contexto de la educación, el uso de prototipos académicos ingenieriles se ha convertido en una herramienta valiosa para el desarrollo de habilidades y conocimientos en los estudiantes. Estos prototipos, que pueden ser físicos o virtuales, permiten a los alumnos experimentar, explorar y aprender de manera práctica, fomentando la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico. Además, los prototipos académicos ingenieriles brindan una oportunidad para integrar la tecnología en el aula y promover el aprendizaje basado en proyectos.

En el estudio "Robótica Educativa: Una perspectiva didáctica en el aula" se aborda el tema de la robótica educativa y su aplicación en el entorno escolar. En su investigación, se destaca la importancia de la robótica educativa como una herramienta pedagógica que combina la tecnología, la programación y la educación para promover el aprendizaje activo y el desarrollo de habilidades en los estudiantes. Se enfatiza que la robótica educativa no solo proporciona conocimientos en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, sino que también fomenta habilidades sociales, cognitivas y de resolución de problemas. [2]

La perspectiva didáctica en el aula se basa en la implementación de actividades prácticas que involucran a los alumnos en la construcción y programación de robots. Estas actividades fomentan el pensamiento crítico, la creatividad y la colaboración entre los estudiantes, promoviendo un enfoque de aprendizaje interactivo y significativo. En pocas palabras, el artículo destaca que la robótica educativa ofrece una forma innovadora y motivadora de enseñar, proporcionando a los estudiantes habilidades y conocimientos relevantes para el siglo XXI, y fomentando el desarrollo de habilidades clave en un entorno educativo

En el estudio llamado "La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales", escrito por Bravo Sánchez y Forero Guzmán en 2012, explora el uso de la robótica como una herramienta educativa para promover el aprendizaje y el desarrollo de

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

competencias generales en los estudiantes. [3]. En la investigación, se destaca que la robótica puede ser utilizada como un recurso pedagógico efectivo para motivar a los estudiantes y fomentar su participación en el proceso de aprendizaje. Se argumenta que la robótica ofrece un entorno de aprendizaje interactivo que involucra a los alumnos en la resolución de problemas y en la aplicación de conocimientos en diversas áreas.

Además, se resalta que la robótica promueve el desarrollo de competencias generales, como el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y la comunicación. Al trabajar en proyectos de robótica, los estudiantes deben enfrentarse a desafíos que requieren habilidades de resolución de problemas, trabajo en equipo y comunicación efectiva, lo que contribuye al desarrollo de estas competencias clave. Por lo tanto, el artículo concluye que la robótica es un recurso valioso para facilitar el aprendizaje y el desarrollo de competencias generales en los estudiantes. Al proporcionar un entorno de aprendizaje práctico y desafiante, la robótica motiva a los estudiantes, promueve el desarrollo de habilidades cognitivas y sociales, y prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo actual.

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene la finalidad de resolver inquietudes sobre la realización de un prototipo usado en la educación para después llevarlo a una práctica más formal en la industria. Esto propicia que los alumnos trabajen bajo el enfoque de la resolución de problemas de manera lúdica, ayudándolos a aterrizar conceptos a experiencias de la vida real de manera práctica. Para esto es necesario saber cómo desarrollar un prototipo, en este caso, un brazo robótico. También se debe tomar en cuenta el uso de materiales reciclables al desarrollar proyectos sustentables con elementos que pueden encontrar en casa los alumnos, así como también en la misma escuela para la realización del prototipo, dando la oportunidad a los estudiantes para que puedan comprender y acceder a los movimientos ingenieriles de un robot.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo del presente artículo se llevó a cabo siguiendo las etapas mostradas a continuación en la Figura 1.

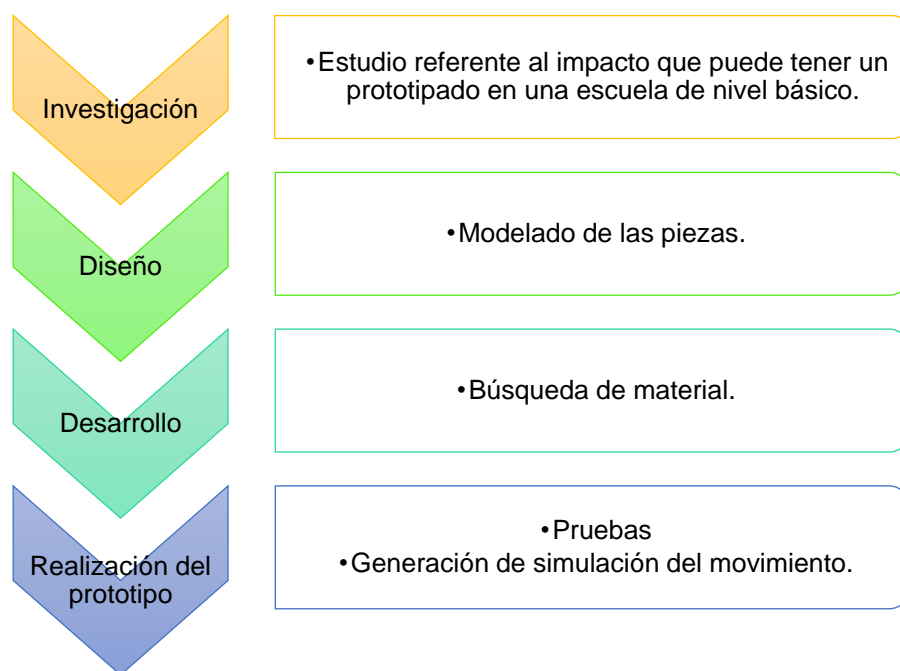


Figura 1 Etapas del proyecto.

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

Investigación

En esta etapa se realizó un estudio del estado del arte de la importancia e impacto que tiene los prototipados a nivel educativo, logrando observar una tendencia favorable acerca de los beneficios de ellos en dichas instituciones.

Diseño

Por medio de un sistema de CAD, CAM, CAE se diseñaron y modelaron, los componentes del brazo robótico para después realizar el ensamblaje de este mismo y así como generar pruebas en las curvas de movimiento de los grados de libertad del brazo robótico.

Desarrollo.

Este artículo se basó en dos etapas de estudio, la primera etapa fue en el diseño del prototipo con el desarrollo del brazo robótico y la aceptación de este producto en un plano escolar, la segunda fue la fabricación de este por medio de material reciclable como lo fue cartón y algunos materiales encontrados fácilmente en cualquier comercio de la localidad.

Construcción

En esta etapa se enfocó en la construcción del dispositivo prototipado, así como la realización de pruebas de hidráulica en las jeringas utilizadas, para ver si estas eran capaces de levantar la estructura del robot.

Beneficios de los brazos robóticos industriales.

Las empresas pueden obtener varios beneficios de los brazos robóticos industriales, este fue el principal motor de motivación a tomar este proyecto para su desarrollo, para entender su funcionamiento a nivel escala y profundizar un poco más sobre el tema y generar en estudiantes a nivel básico pudieran interactuar con un prototipo de esta índole.

Para esta primera parte desarrollamos las piezas de nuestra máquina a realizar (Brazo robótico) en SolidWorks, se creó cada una de ellas tomando en cuenta las medidas de las piezas reales para que fueran a escala, el diseño en 3D varía con respecto al modelo que se realizará ya que en el modelado en 3D su función es mecánica, mientras que el modelo será manejado por jeringas con fluido las cuales generan la fuerza hidráulica propicia para poder mover el brazo.

A continuación, se muestra el ensamble de los modelos, con los cuales se pudo obtener una simulación del brazo robótico y ver su funcionalidad.

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

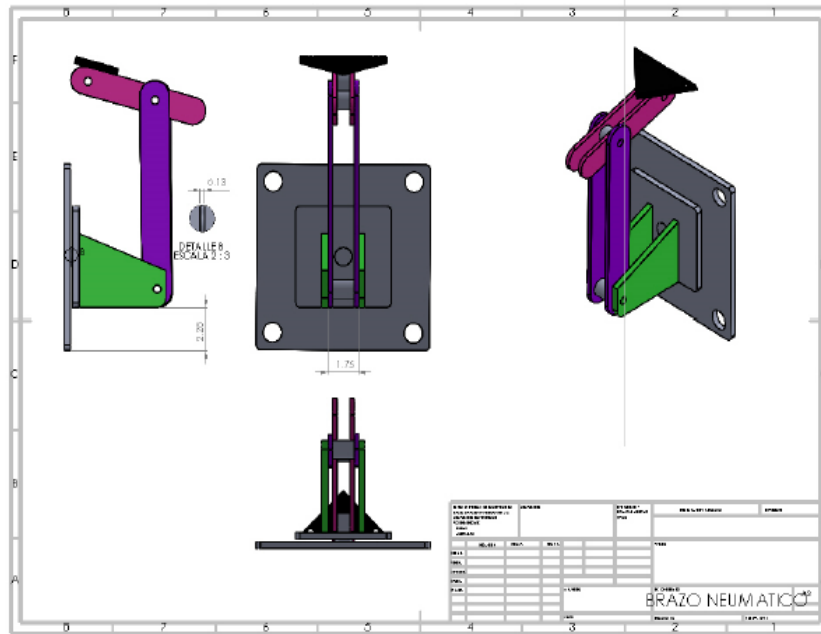


Figura 2 Muestra el modelo ensamblado.

En la siguiente imagen se muestran por separado el diseño de las piezas, que integraron el ensamble del brazo robótico ya que para poder integrarlo físicamente como ya se mencionó anteriormente se realizaron pruebas de movimiento en el software.

La siguiente imagen muestra los cojinetes o bujes de las articulaciones de la muñeca y brazo del modelo ensamblado.

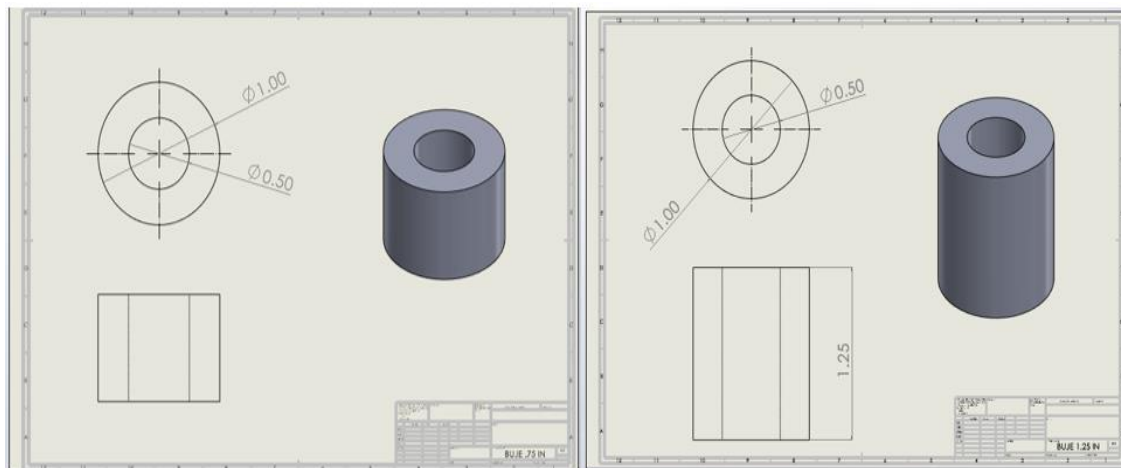


Figura 3 Bujes de movimiento.

El siguiente modelo ayudó en la representación de la muñeca para poder generar el movimiento en la mano del robot y con este poder sujetar piezas y poder moverlas de lugar.

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia
en educación básica

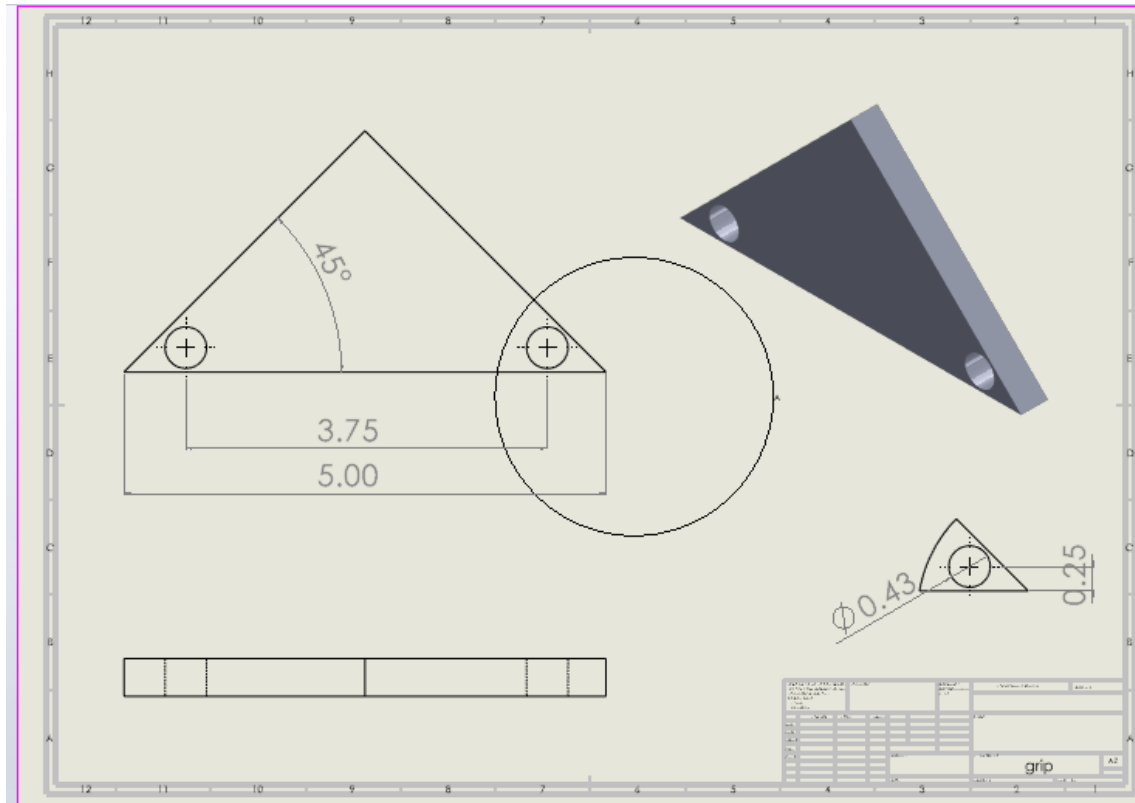


Figura 4 Horquilla del grip (mano del robot).

En las figuras 5 y 6 se muestran los brazos del brazo robótico.

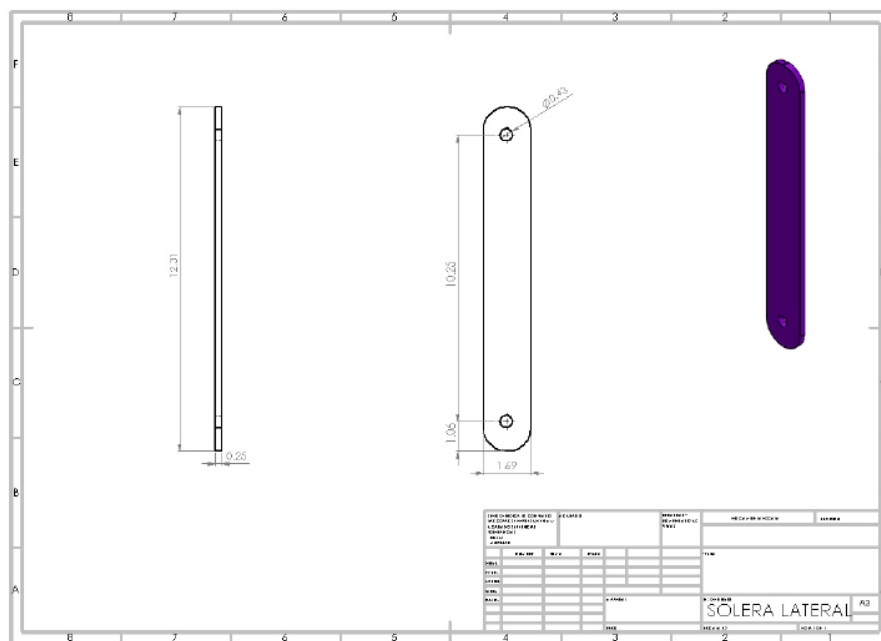


Figura 5 solera soporte.

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

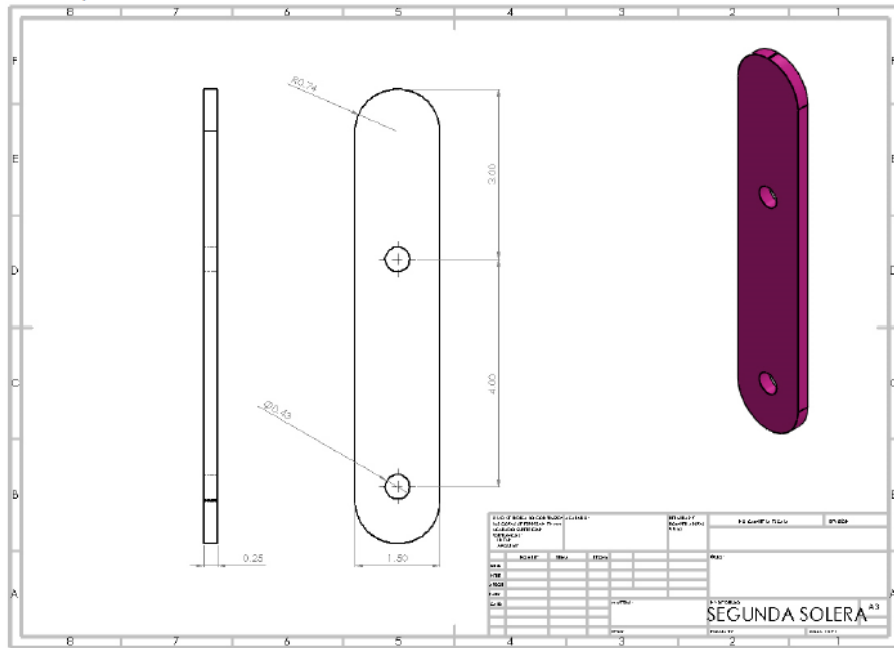


Figura 6 Solera soporte 2.

En las siguientes figuras 7 y 8 se modelaron las placas de soporte y sujeción del prototipo, las cuales sirvieron como bases para poder soportar el peso del brazo.

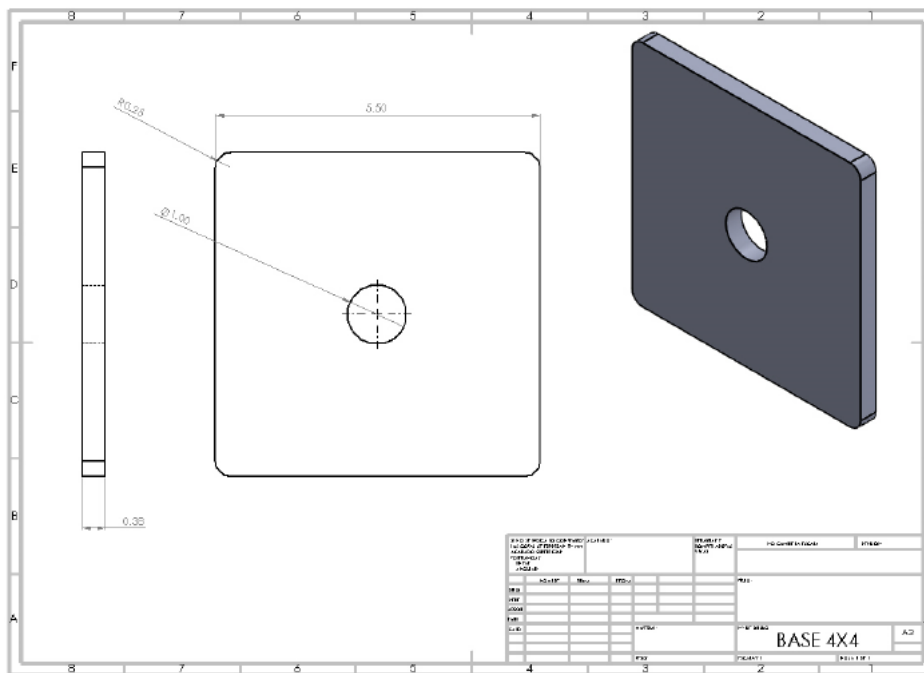


Figura 7 base del brazo robótico.

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

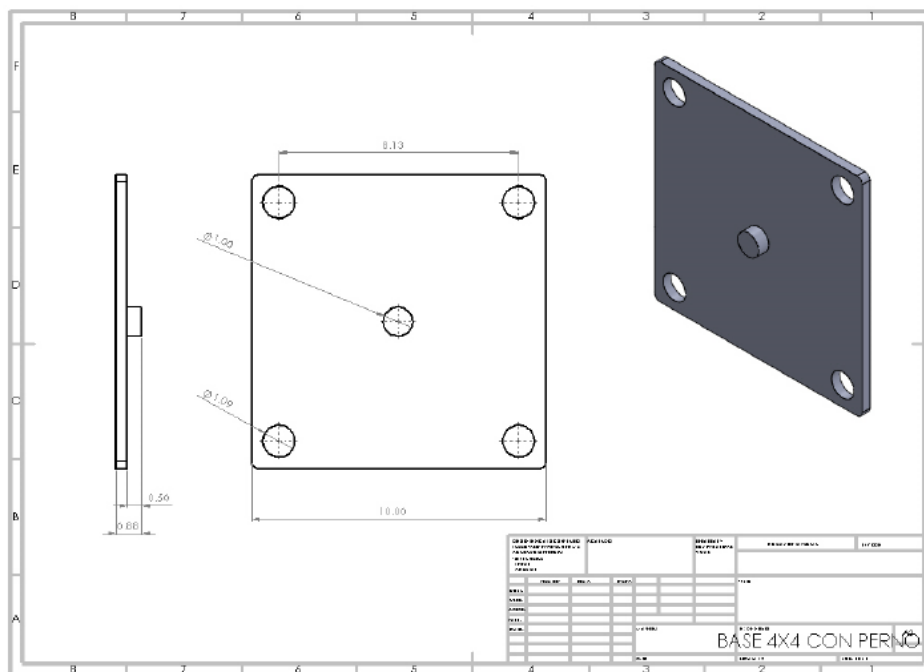


Figura 8 Base soporte con pasador.

En la figura 9 se modelo un cartabón para poder soportar las soleras de movimiento y poder tener una rotación del brazo a 360°

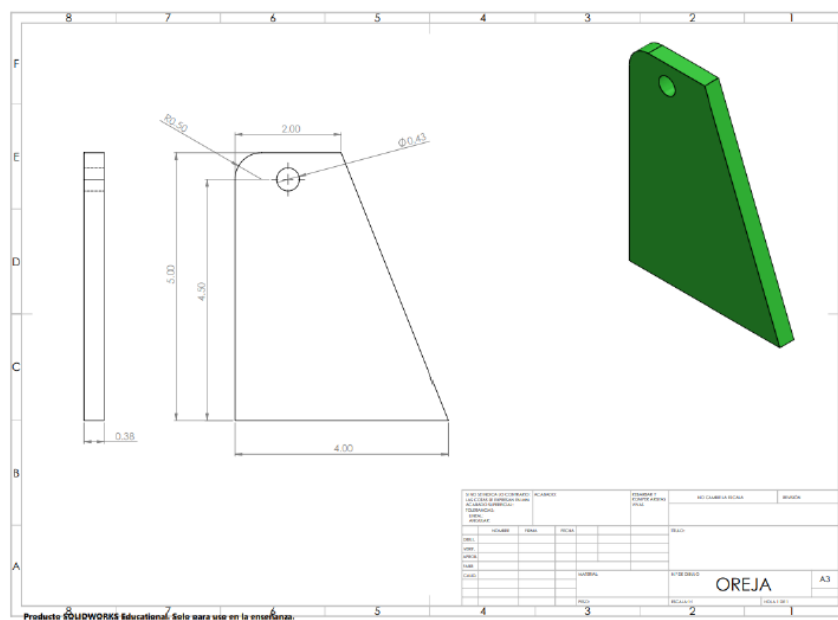


Figura 9 Cartabón de sujeción. Etapa de armado físico.

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

Para este proyecto se necesitaron los siguientes materiales:

- Cartón
- Palillos de madera
- Jeringas de 5 y 10 ml
- Manguera de conexión
- Alambre (clips)
- Pegamento

A continuación, se muestra una tabla en la cual se presentan los costos de los diferentes materiales que conforman el prototipado, destacando uno de los objetivos del proyecto, el cual es generar un prototipo funcional y económico.

Tabla 1 costos del material

Costos totales.		
Material.	Cantidades	Costo \$ M.N.
Jeringas de 10 mm.	8	40.00
Palillos de brocheta.	11	20.00
Abatelenguas.	15	20.00
Cartón fino.	1 pliego	Desechable.
Cartón grueso.	1 pliego	Desechable.
Manguera para acuario.	1.5 m.	30.00
Cinchos sujetadores.	20	15.00
Alambre.	40 cm.	5.00
Pegamento.	2	40.00
Silicon	1	50
	Total:	220

El brazo hidráulico que se realizó consta de 4 grados de libertad.

El primer movimiento que ejecuta el brazo es el de la base, este movimiento lo realiza con una libertad de 90 grados de rotación y con este movimiento logramos el desplazamiento en el eje x, para poder manipular objetos.

En la siguiente imagen se puede observar cómo esta jeringa, produce la rotación del brazo y el desplazamiento de este en el eje x.

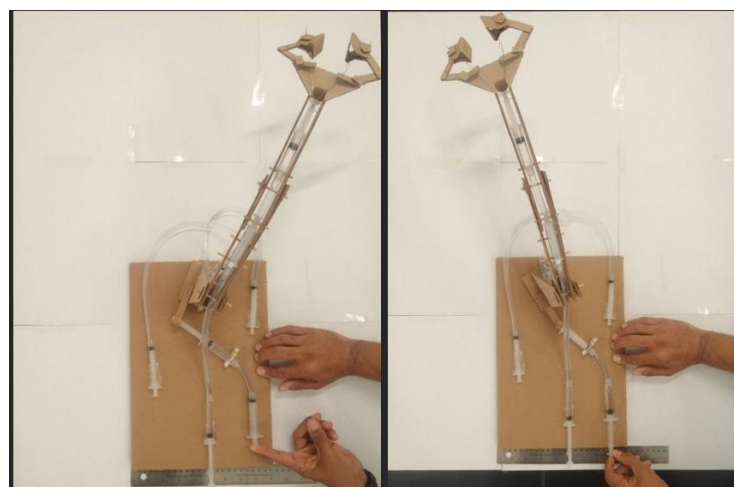


Figura 10 Primer grado de libertad

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

El segundo movimiento lo tiene la primera extensión después de la columna de la base (antebrazo), su rotación gira verticalmente y nos brinda movimiento para la elevación del objeto a manipular y se puede observar el desplazamiento del brazo en la posición de Y al mismo tiempo se puede contemplar el desplazamiento de la jeringa.

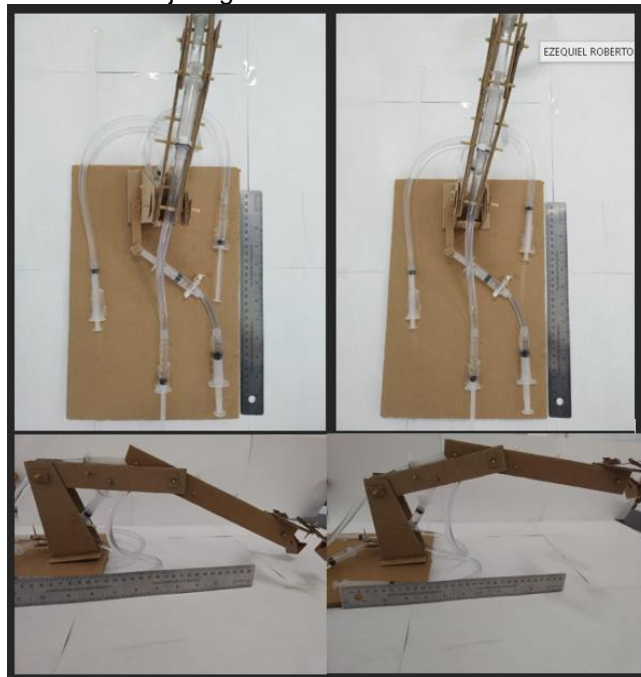


Figura 11 Segundo grado de libertad

El tercer movimiento lo tenemos en la parte del brazo, antes del efector final, dicho movimiento también nos permite la elevación del objeto a manipular, pudiendo complementar la apertura vertical.

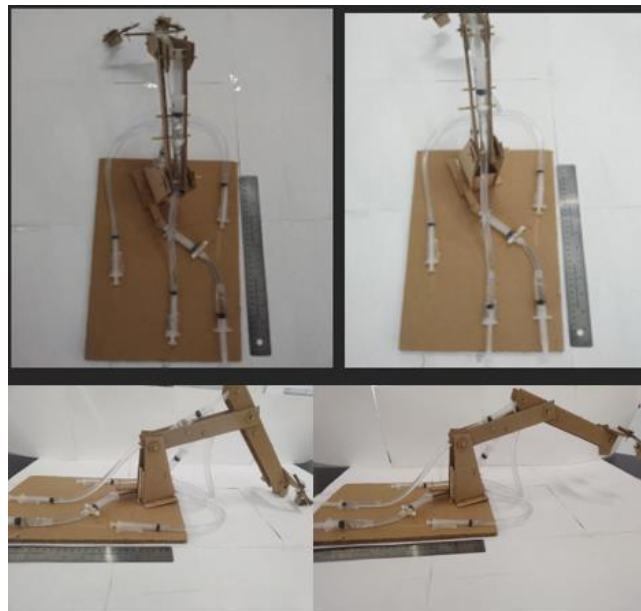


FIGURA 12 Tercer grado de libertad.

Introducción y diseño de prototipo ingenieril en el desarrollo de la ciencia en educación básica

Como último movimiento posible tenemos el efector final, es decir las tenazas que sujetarán al objeto a manipular, este efector debe lograr presionar un objeto, en este caso con morfología cúbica, y con ayuda de los demás movimientos, desplazar la carga de un lugar a otro.



Figura 13 cuarto grado de libertad

CONCLUSIONES

Referente a la parte económica el brazo requirió de alrededor de 200 a 300 pesos mexicanos para su fabricación, monto que, si se compara con juegos armables de robótica, representa un porcentaje mínimo de inversión monetaria.

Con relación al movimiento del brazo robotizado, comparado con un brazo real se obtuvieron 4 grados de libertad de movimiento, motivo por lo cual es un buen índice de análisis para el instructor que quiera analizar las variantes de movimiento.

El brazo robótico funciona con un sistema hidráulico, con el que realiza sus maniobras, por tal motivo este aspecto también da la posibilidad de estudiar otra rama de la ingeniería.

El brazo puede ser manipulado por medio de un sistema de programación para el movimiento de sus ejes, así como también el poder incluir motores para lograr los movimientos.

Como recomendación, los materiales deben de ser reforzado o el cartón debe de ser recubierto con alguna película de plástico para que pueda, tener mejor durabilidad y funcionalidad.

REFERENCIAS

- [1] Prototipo Didáctico de Plano Inclinado con Características IoT, Eloísa Bernardett Villalobos Oliver, Sara Marcela Arellano Díaz, Pistas Educativas Vol. 43 - ISSN: 2448-847X Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2016-120613261600-203 <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>.
- [2] González Fernández, María Obdulia (2021). *Robótica educativa, una perspectiva didáctica en el aula*. México: CUALTOS. Recuperado el 15 de junio de 2023 de Libro_Robotica_interactivo.pdf (udg.mx)
- [3] Bravo Sánchez, F. Ángela, & Forero Guzmán, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 13(2), 120–136. <https://doi.org/10.14201/eks.9002>
- [6] Lucendo, J. 80 siglos de invenciones. Enciclopedia ilustrada de los inventos. 16 de agosto del 2019.
- Máquina de escribir
- [7] T. Paola. La escritura de la secretaria: un ejercicio femenino sintiente. Noviembre del 2019. Digithum, N.º 25 (Enero 2020) | ISSN 1575-2275 <https://raco.cat/index.php/Digithum/article/view/373038/466666>
- Automovil Ecovía
- [8] Moran Roldán, O. Estudio aerodinámico del automóvil del proyecto ECOVIA (Doctoral dissertation).
- Máquina de hacer tortillas
- [9] Saráuz Terán, J. A., & Tirira Freire, A. J. (2011). Diseño y construcción de una máquina para la elaboración de tortillas de harina de trigo para la empresa TAQUITO'S (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2011).
- [10] Pedrero Lozoya, H. A. (2019). Diseño, construcción y automatización de una máquina de vapor de newcomen [Tesis]. Universidad Politécnica de Madrid.
- [11] Al interés que muestran últimamente la, G., & De baterías, C. E. P. el C. (s/f). Curiosidades: El primer automóvil de combustión interna del mundo (2022). Uco.es. Recuperado el 6 de marzo de 2023, de https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/24427/truco_46_2.pdf?sequence=1&isAllwed=y
- [12] De Cultura, S. (s. f.). (2019). Conoce los inventos que mueven al tren. gob.mx. <https://www.gob.mx/cultura/prensa/conoce-los-inventos-que-mueven-al-tren>

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

Restructuring the maintenance area of a company in accordance with the ISO 9001:2015 regulation

Carlos Alejandro Morales Aguilera ¹
María Blanca Elizabeth Palomares Ruíz ²
Arturo Torres Bugdud ³
Cesar Sordia Salinas ⁴

RESUMEN

El presente artículo plantea la realización de una investigación de tipo documental-descriptiva conforme a la reestructuración del departamento de mantenimiento de una empresa proveedora de servicios en manufactura de perfiles y metal mecánico; cuyo propósito es mostrar la importancia de invertir en el mantenimiento como una oportunidad para obtener beneficios en producción, calidad y costos de la empresa. Por lo cual, la implementación de la norma ISO 9001:2015 en la empresa se percibe como una manera de mejorar la gestión del mantenimiento y aumentar la productividad, cumpliendo con las expectativas de los clientes. Gracias a la implementación de la metodología de la norma ISO 9001:2015, específicamente el Ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), los resultados que se obtuvieron en el área de mantenimiento incluyen la creación y estandarización de formatos para el control y seguimiento del mantenimiento preventivo, así como bases de datos y etiquetas de equipo para facilitar la identificación y programación de los mantenimientos. Asimismo, se logró mejorar la eficiencia y la visibilidad de los mantenimientos realizados, el cual presenta un aumento del 71%, lo que benefició la calidad de los productos y servicios de la empresa.

PALABRAS CLAVE: Norma 9001:2015, mejora, área de mantenimiento, calidad.

Fecha de recepción: 15 de agosto, 2023.

Fecha de aceptación: 25 de septiembre, 2023.

¹Estudiante. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León.

carlos.moralesagl@uanl.edu.mx

² Profesor de Tiempo Completo. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León.

maria.palomaresrz@uanl.edu.mx

³ Profesor de Tiempo Completo. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León.

arturo.torresbg@uanl.edu.mx

⁴ Profesor de Tiempo Completo. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León.

cesar.sordiasl@uanl.edu.mx

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la
normativa ISO 9001:2015

ABSTRACT

This article proposes the realization of documentary-descriptive research according to the restructuring of the maintenance department of a company that provides services in the manufacturing of profiles and metal mechanics; whose purpose is to show the importance of investing in maintenance as an opportunity to obtain benefits in production, quality and costs of the company. Therefore, the implementation of ISO 9001:2015 in the company is perceived as a way to improve maintenance management and increase productivity, meeting customer expectations. Thanks to the implementation of the ISO 9001:2015 methodology, specifically the PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act), the results obtained in the maintenance area include the creation and standardization of formats for the control and follow-up of preventive maintenance, as well as databases and equipment labels to facilitate the identification and scheduling of maintenance. In addition, the efficiency and visibility of the maintenance performed were improved, with an increase of 71%, which benefited the quality of the company's products and services..

KEYWORDS: ISO 9001:2015 standard, improvement, maintenance area, quality.

INTRODUCCIÓN

Debido a la creencia de que el dar mantenimiento se sigue considerando un gasto, existen muchas empresas que se están perdiendo de esta oportunidad de inversión que les permitiría obtener beneficios en los ámbitos de la producción, la calidad, el costo, entre otros. Es por eso que, en la actualidad, los empresarios se han dado cuenta que la industria se ha convertido en un entorno más competitivo, específicamente en las áreas de metal mecánico; por lo cual, se le ha visto al área de mantenimiento como la mejor opción para mejorar y sobresalir en la industria, ya que un buen sistema de mantenimiento en ocasiones puede significar la diferencia entre mantenerse competitivo o salir del mercado.

En este caso, la empresa metalmecánica que ha sido elegida para la elaboración de este proyecto no cuenta con un área de mantenimiento eficiente y de calidad; por lo cual, el poseer la característica de ser una empresa relativamente grande y creciendo exponencialmente en un corto periodo de tiempo, deja a la empresa con una mala imagen. De igual manera, al cuantificar en la empresa los problemas ocasionados por la falta de gestión de mantenimiento, se puede apreciar que la disponibilidad de los equipos es baja, lo cual es ocasionado por la inactividad en línea de producción. Los costos asociados con este problema son horas perdidas, unidades no fabricadas y multas por entrega tardía.

Gracias a la contextualización anterior de la empresa, se ha llegado a la conclusión de que la presente investigación tendrá el objetivo de llevar a cabo una reestructuración del departamento de mantenimiento de una empresa que posee la principal tarea de ser el proveedor de servicios en manufactura perfiles y metal mecánico a sus clientes. Dicha modificación favorecerá con efectividad a la empresa, estos se harán acreedores de procedimientos y formatos de acuerdo con las normas internacionales, como lo es la norma ISO 9001:2015, la cual busca que la empresa logre aumentar su productividad, a la par que cumple con las expectativas de los clientes; todo esto por medio de los requisitos que se enumeran en la misma norma (Anrrango, 2023).

Asimismo, la realización de esta tarea logrará la aplicación de una forma efectiva de trabajar, así como el llevar un control minucioso de las programaciones de mantenimientos y las listas de chequeos, a la par que se controlen todos los equipos nuevos en un listado concentrado donde se tenga toda la información relevante sobre los mismos.

De una manera más concreta, y visible en el área de mantenimiento de la empresa, los objetivos específicos que se buscan lograr por medio de este proyecto son los siguientes:



Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

1. Obtener un listado de todas las máquinas, equipos y herramientas para tenerlos en una base de datos y así identificarlos fácilmente con etiquetas numeradas.
2. Programar de manera óptima los mantenimientos de manera anual, semestral o trimestral según sea el caso que se necesite.
3. Establecer indicadores que muestren la efectividad del área de mantenimiento; los cuales deberán ser presentados en las juntas de dirección para visualizar el avance y las áreas de oportunidad de la empresa.
4. Realizar la implementación de formatos e instructivos según las normas internacionales (ISO 9001:2015) para que se estandarice el proceso de mantenimiento según cada máquina, equipo y herramienta lo requiera.
5. Fomentar la mejora continua en el área de mantenimiento mediante controles que registren la eficacia mensual del área.

JUSTIFICACIÓN

La realización de esta investigación gira en torno al por qué todas las empresas, en específico las del giro metal mecánico, deben de mantener en constante evolución su área de mantenimiento acorde a la metodología denominada Ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) propuesta en la norma ISO 9001:2015; lo cual se esclarece debido a que las actividades que engloban la tarea de dar mantenimiento generan grandes beneficios en las empresas. Si bien, algunos empresarios subestiman el realizar el mantenimiento de su empresa con ayuda de los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) y lo consideran una pérdida de tiempo, terminará siendo todo lo contrario; puesto que esta acción debe verse como una inversión, la cual generará múltiples beneficios para los trabajadores, así como también a los dueños de la empresa y los clientes. En este caso, los beneficios que se pueden detectar son la prevención y reducción de accidentes laborales, la disminución de pérdidas en la producción, el aumento de la eficiencia y reducción de costos, así como primordialmente el mejorar la calidad ofertada en relación con los productos y servicios generados en la empresa metalmeccánica.

METODOLOGÍA

Se empleó la metodología de investigación de tipo documental – descriptiva, para la realización de este documento, por la cual se utilizó diferentes tipos de fuentes bibliográficas, las cuales fueron recopiladas de bases de datos como Google Académico y Dialnet, mismas que permitieron desarrollar los conceptos implementados en norma internacional ISO 9001:2015, el ciclo PHVA; así como la presencia del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en el área de mantenimiento de una empresa (Briones, Carvajal, & Sumba, 2021).

Asimismo, Briones, Carvajal, & Sumba (2021) indican que la investigación documental es aquella que se basa en la revisión de texto, libros, artículos bibliográficos, entre otros. En el caso de Dulzeides Iglesias (2004 citado en Briones et al., 2021) menciona que el análisis documental es una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación.

En este trabajo se llevó a cabo la reestructuración del área de mantenimiento de una empresa suministradora de servicios relacionados con la manufactura perfiles y el metal mecánico de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015, se seleccionó una de las múltiples teorías administrativas desarrolladas con la intención de administrar y gestionar una organización. En este caso, la que más se amolda a la empresa estudiada es la teoría de la burocracia, la cual fue propuesta por Max Weber; puesto que esta teoría fue presentada como una “una estructura administrativa específica, la cual forja sus bases en una autoridad legal y de reglas” (Mejía, 2019, p.74).

De igual manera, Weber deja en claro que la burocracia “es la organización eficiente por excelencia” (Chiavenato, 2007, p.225); por lo cual, se seleccionó esta teoría antes mencionada de Max Weber

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

para comprobar la hipótesis que plantea el asegurar que la funcionalidad del departamento de mantenimiento sea eficaz en la empresa metalmeccánica en cuestión, a la par que se cumple con las expectativas acorde a la norma ISO 9001:2015; ya que esta es la que mejor se acopla a las necesidades, las cuales se desean emplear para poder así poner a prueba el Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Asimismo, se sustenta su aplicación gracias a las características de la teoría burocrática anteriormente mencionadas.

Puesto que ya se ha dejado en claro la teoría administrativa en la cual se desenvuelve la empresa suministradora de servicios de metal mecánico, es importante hacer alusión a la metodología que se hará presente a lo largo de este proyecto; por lo cual, debido a una ardua investigación finalmente se seleccionó la metodología de la norma ISO 9001:2015.

Asimismo, esta ISO se liga al tema del mantenimiento en su apartado 7.1.3 denominado Infraestructura; puesto que menciona que la organización debe “determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios” (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2015, p.6). En dicho caso, la norma internacional declara en su documento oficial que la infraestructura podrá incluir: edificios y servicios asociados, equipos (hardware y software), recursos de transporte y tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) (ISO, 2015, p.6). Por ende, la realización del mantenimiento en la empresa dependerá de tipo de infraestructura que esta requiera.

Es importante aclarar que la norma ISO 9001:2015 en realidad no posee prácticas específicas para la realización adecuada de los procesos de mantenimiento, pero si hace mención de que se deben de generar procesos necesarios para cada empresa y su área en específico, los cuales deberán de cumplir con las “Buenas Prácticas generales de Gestión o Administración por procesos”, mismas que se encuentran en el apartado 4.4 de la norma (Chavarria, 2022). Dichos procesos deberán de desarrollarse de acuerdo a las necesidades de cada organización, como lo es en este caso, puesto que se buscó la mejora continua en el área de mantenimiento de una empresa metalmeccánica.

Conforme a los procesos que se desarrollarán para otorgar mantenimiento a la infraestructura de la empresa, estos deberán de contar con las siguientes características:

- Se les deberá medir su nivel de servicio para determinar su buena ejecución.
- Asimismo, se les realizará un seguimiento, el cual contará con mediciones e indicadores de desempeño como de control, necesarios para asegurar la ejecución eficaz de los mantenimientos.
- Determinar los recursos necesarios junto con su disponibilidad para la práctica del mantenimiento.
- Asignar responsabilidades y autoridades para el mantenimiento.
- Mantener la información documentada para apoyar la operación eficiente del mantenimiento, por medio de manuales, procedimientos, instructivos, formatos, entre otros elementos
- Conservar la información documentada por medio de registros, para tener la confianza de que los procesos se realizan según lo planificado (Chavarria, 2022; ISO, 2015, p.2-3).

Por medio de este proyecto, la empresa logró aplicar las características anteriores en el proceso de mantenimiento para su área en específico; mismo que se verá influenciado por una metodología utilizada en la norma ISO 9001:2015, la cual se describirá a continuación.

En el caso de la empresa del giro metal mecánico en cuestión, la reestructuración del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en el área de mantenimiento, se verá influenciada por metodología de la norma ISO 9001:2015, específicamente se basará en un Ciclo de Mejora Continua conocido como PHVA, donde se planifican las acciones, se implementan, se monitorean y se revisan para lograr mejoras continuas en la calidad.

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

Como es posible observar en la Figura 1, el ciclo PHVA puede aplicarse en los procesos y en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC). En esta se ilustra la representación gráfica de la estructura de la ISO 9001:2015 con el ciclo PHVA, es necesario describir los cuatro pasos en los que desglosa el ciclo, que son:

- **Planificar:** En dicho paso se definen los objetivos del sistema y sus procesos; así como los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la empresa; al igual que identificar y abordar los riesgos y oportunidades (ISO, 2015, secc. x).
- **Hacer:** Ejecutar lo planificado (ISO, 2015, secc. x).
- **Verificar:** Llevar a cabo el seguimiento y la medición de los procesos y los productos y servicios resultantes, con respecto a las políticas, objetivos, requisitos y actividades planificadas; finalmente informar sobre los resultados adquiridos (ISO, 2015, secc. x).
- **Actuar:** Poner en práctica acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario (ISO, 2015, secc. x).

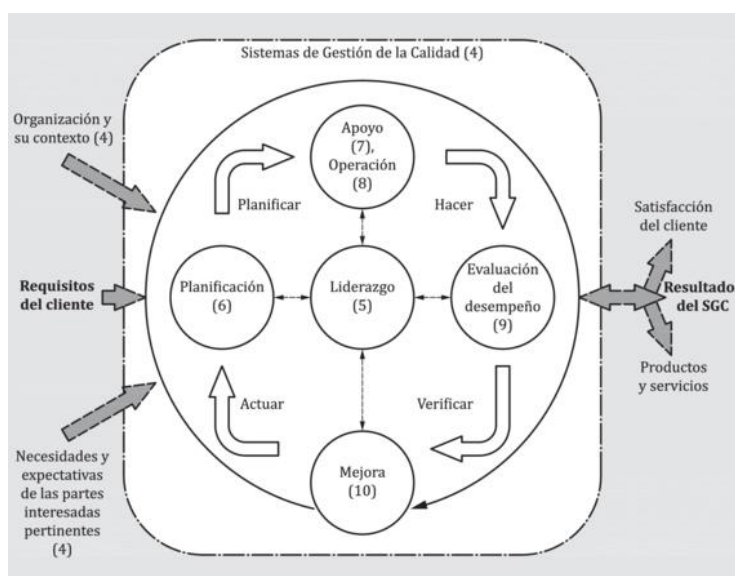


Figura 1. Representación de la estructura de la ISO 9001:2015 con el ciclo PHVA.

Como primera tarea, se realizó la identificación y verificación de los equipos, máquinas y herramientas, para detectar que estuvieran en funcionamiento dentro de la empresa; asimismo, se les asignó un número y se llevó a cabo su etiquetación para tenerlos identificados.

De igual manera, se empezó con la realización de la documentación de los procesos y formatos; ya que estos no eran utilizados, aunque ya existían en la empresa, con esta actualización, los cambios fueron menores pero significativos. Sin duda alguna esto no fue lo único que se modificó; ya que se puso en práctica una serie de actividades del proceso de mantenimiento correctivo y preventivo que se realiza en los equipos y la infraestructura utilizada en la fabricación de productos y procesos de la empresa metalmeccánica en cuestión. Mismas tareas que si se cumplen de la debida manera, se logrará cumplir con la misión del proyecto; la cual se relaciona con la reestructuración del área de mantenimiento conforme a la norma ISO 9001:2015.

El procedimiento que se aplicó en los equipos y la infraestructura es posible observarlo de manera visual en la Figura 2 por medio de un diagrama de flujo. Pero para poder dejar más en claro este diagrama de flujo, es necesario puntualizar las acciones específicas que se deberán de realizar si se

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

quiere ver un cambio en la empresa, es por eso que a continuación se desglosaran estas actividades en la siguiente lista:

1. El Responsable de Mantenimiento (RM) deberá de definir el equipo o la infraestructura utilizada colocando una etiqueta la cual llevará la leyenda de "ETIQUETA DE EQUIPO FMT01-04 r0", misma que tendrá que ser llenada con el número económico; por ejemplo, SCR-E- (número consecutivo), así como el nombre del equipo y número de serie.
2. Con respecto a toda la infraestructura y equipos, es necesario que estos sean registrados en el "Programa de Mantenimiento Preventivo"; de igual manera se tendrá que contar con una programación elaborada por el RM. Asimismo, recaerá en el RM la responsabilidad de dar seguimiento al "Programa de Mantenimiento Preventivo" de forma semanal, a la par que se encargará de vigilar que se cumpla dicho programa según lo estipulado.
3. En relación con el mantenimiento preventivo, el RM revisará si es posible hacer el mantenimiento internamente, llevará a cabo la programación del mismo y lo pondrá en práctica.
4. En caso de no poder realizar el Mantenimiento Preventivo y/o Soporte Técnico, el RM buscará proveedores de servicio; y con ayuda del Responsable de Compras (RC), una vez elegido el proveedor, deberán generar una requisición FCO02-03 y finalmente programar el servicio. Si se llegara a presentar la situación de que la empresa requiera algún material, se deberá realizar una requisición FCO02-03.
5. Se le deberá informar al Responsable de Producción (RP) o al Responsable de Área (RA), de manera verbal o con ayuda de un correo, la programación del mantenimiento preventivo.
6. El RM tendrá la obligación de llevar a cabo la realización del Mantenimiento Preventivo del proveedor para comprobar que se cumpla con lo requerido.
7. Al realizar cada uno de los mantenimientos preventivos, el RM, deberá registrar su ejecución en el formato FMT01-04, donde se describan los puntos y actividades revisadas.
8. Cuando se presente el caso de hacer un mantenimiento preventivo realizado por un proveedor, se deberá solicitar el reporte del mantenimiento preventivo o llenar el formato FMT01-04 con ayuda del proveedor.
9. El Responsable de Mantenimiento (RM) tendrá que notificarle al Responsable de Producción (RP) o al Responsable de Área (RA) cuando es que se verificará el equipo; seguido de esto el RP o RA le entregará al RM una verificación de que el Mantenimiento Preventivo fue exitoso y el equipo se encuentra funcionando. Asimismo, si este es el caso, el RP o RA firmará de conformidad el formato FMT01-04.
10. Si el equipo presenta observaciones después del mantenimiento preventivo, el Responsable de Mantenimiento (RM) le informará la situación al responsable de Producción (RP) o al Responsable de Área (RA), para lleven a cabo el monitoreo durante el proceso.
11. El Responsable de Mantenimiento (RM) deberá de proveerle al Gerente de Operaciones (GO) al final de cada mes un reporte de efectividad con un listado de todos los mantenimientos preventivos realizados.

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

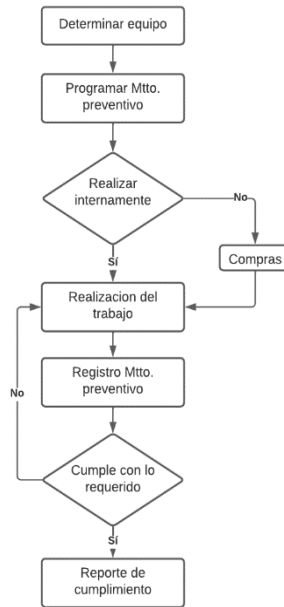


Figura 2. Representación del procedimiento aplicable en los equipos y la infraestructura requeridos en una empresa proveedora de servicios en manufactura perfiles y metal mecánico.

Al poner a prueba el procedimiento implementado en la empresa, se logró cumplir con las expectativas de los objetivos propuestos con anterioridad; además de lograr entregar la información de los tiempos y el porcentaje de eficiencia en las máquinas y todo el equipo que se le aplique mantenimiento, pues este nos dará a conocer las necesidades que se tienen dentro de la empresa y así en situaciones futuras poder lograr la aplicación del mantenimiento predictivo. En sí, el poseer dicha información es de gran ayuda, ya que la empresa en base a esa información puede analizar la calidad de los productos y servicios que les ofrece a sus clientes.

Un punto importante que hay que tomar en cuenta para que la empresa siga realizando operaciones aplicando la mejora continua, es que deben de conocer los limitantes que posee su propio personal; ya que se les debe de proporcionar ayuda de expertos, los cuales deberán de instruir al encargado y los involucrados del área interesada para obtener los conocimientos necesarios, así como el manejo de recursos de la información y capacitaciones en cuestión de máquinas y equipos complejos que el equipo de mantenimiento pueda realizar, con ello dejar de depender de proveedores externos.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación a los resultados que se obtuvieron de este proyecto, es importante resaltar que estos fueron de gran ayuda para preparar el área de mantenimiento de la empresa hacia cambios más significativos; puesto que con dicho proyecto se logró comenzar con la recolección de datos e información que simplemente no se tenía con anterioridad, se tenía incompleta o contenía discrepancias.

De esta manera, asegurando la gestión de calidad, se consiguió proponer a la empresa algunos cambios oportunos que la beneficiarían. Por lo tanto, por medio de dicha acción, se logró la implementación de diversas modificaciones en la empresa, mismos que fueron utilizados y puestos en ejecución en el área de mantenimiento, para que esta se establezca de manera funcional con base a lo establecido en la norma ISO 9001:2015, misma con la que se encuentra certificada la empresa metalmeccánica.

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

A continuación, se darán a conocer algunos de los resultados visibles que se consiguieron gracias a la implementación del proyecto, mismo que se utilizó para la organización, por medio de formatos que facilitaron las operaciones de la empresa (Ver Figura 3, 4 y 5). En sí, la creación y estandarización de estos formatos fueron producidos con la misión de llevar a cabo un seguimiento ordenado, ya que se perdía la documentación.

Conforme a algunos de los resultados que se obtuvieron, los cuales fueron de gran ayuda para sentar las bases de los procedimientos y procesos que se llevan a cabo en la empresa, se presentó la creación de listados generales, los cuales mostraron el estatus de los mantenimientos preventivos, resaltando por medio de diversos colores y abreviaturas si los mantenimientos fueron Programados (MP), Realizados (MR) o Reprogramados (RX); todo esto siendo indicado en las tablas de Excel que se hicieron para llevar a cabo el control anual del mantenimiento de la empresa metalmecánica.

Otro beneficio que se obtuvo fue la generación de bases de datos en Excel, las cuales contarían con información relevante de los equipos principales, como la maquinaria, equipo utilizada en la planta, junto con el tipo de mantenimiento que tienen que recibir; lo cual aporta conocimientos necesarios para mantener un orden en el “Programa Anual de Mantenimiento Preventivo”.

El formato de las etiquetas de equipo denominado “FMT01-04 r0” realizó grandes aportaciones a la organización de dicha área, gracias a que su aplicación facilitó la programación del mantenimiento de los equipos, puesto que las etiquetas optimizaron la realización de los listados de equipos, manteniendo un orden al reunir datos como el nombre del equipo y su número de serie (Figura 3); lo cual haría más sencillo identificar en qué situación se encontraba el mantenimiento de los equipos, ya sean Programados (MP), Realizados (MR) o Reprogramados (RX).

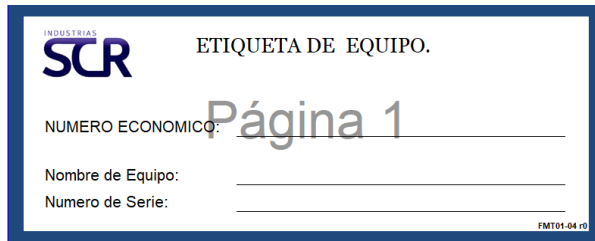
The image shows a rectangular label form with a blue border. In the top left corner, there is a logo for 'INDUSTRIAS SCR' where 'INDUSTRIAS' is in small letters above 'SCR'. To the right of the logo, the text 'ETIQUETA DE EQUIPO.' is centered. Below the logo, there is a large, light grey watermark that says 'Página 1'. Underneath the watermark, there are three lines of text for data entry: 'NUMERO ECONOMICO: _____', 'Nombre de Equipo: _____', and 'Numero de Serie: _____'. In the bottom right corner of the form, there is a small code 'FMT01-04 r0'.

Figura 3. Formato de las Etiquetas de Equipo “FMT01-04 r0”.

De igual manera, se crearon formatos para mantener la organización a la hora que se pusiera en práctica la ejecución de los mantenimientos de los equipos; como lo es Formato de la Orden de Mantenimiento “FMT01-01 r0”, el cual contiene información detallada del mantenimiento del equipo que se realizó, como el área, equipo y quien solicita el mantenimiento, así como la descripción del trabajo, el tipo de falla, las refacciones y/o materiales utilizados en el mantenimiento, entre otras especificaciones (Figura 4).

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

nuevo “Programa Anual de Mantenimiento Preventivo” que se implementó en la empresa metalmeccánica, no existía información visible de manera física ni un seguimiento oportuno de los mantenimientos que se realizaban al año, conforme a los equipos que existían en la planta. Por ende, gracias a esta reestructuración en el área de mantenimiento de la empresa, se logró visualizar que tan efectivo llegó a ser el personal, el equipo y el ritmo en que se cumplen con las programaciones del mantenimiento.

Por lo tanto, se logró visualizar un antes y un después conforme a la situación en la que se encontraba el área de mantenimiento de esta empresa proveedora de servicios en manufactura de perfiles y metal mecánico. En vista de esto, se logró percibir un aumento de las máquinas que reciben mantenimiento, pasando de 11 máquinas a 25 máquinas, lo cual corresponde a un aumento del 127% en el lapso de un año (Ver Tabla 1).

Con respecto a la presencia de Mantenimientos Programados (MP) en la empresa, se obtuvo un aumento del 112%, porcentaje que representa un cambio, puesto que anteriormente se tenían tan solo 41 Mantenimientos Programados (MP), cantidad que paso a ser de 87 (MP) en la actualidad. En el caso de los Mantenimientos Realizados (MR), antes de la reestructuración del área de mantenimiento de la empresa solo se presentaba la ejecución de 14 (MR), cuestión que cambió con la implementación de la metodología Ciclo PHVA junto con las “Buenas Prácticas generales de Gestión o Administración por procesos” presente en el punto 4.4 de la norma ISO 9001:2015; puesto que se consiguió realizar 24 mantenimientos, lo cual corresponde a un aumento del 71% (Ver Tabla 1).

Conforme a el caso de la reprogramación de mantenimientos (RX), se percibió un aumento del 136%, dejando en claro que la empresa paso de tener tan solo 93 Mantenimientos Reprogramados (RX) a 220 Mantenimientos Reprogramados (RX) (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Comparación del antes y después del Área de Mantenimiento

Tipo de Mantenimiento	Antes	Después	Aumento
Máquinas que reciben mantenimiento	11	25	127%
Mantenimientos Programados (MP)	41	87	112%
Mantenimientos Realizados (MR)	14	24	71%
Mantenimientos Reprogramados (RX)	93	220	136%

De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo comprobar que mediante controles se llevó a cabo lo establecido en la metodología ISO, así como la aplicación de las características en este proceso, se incrementaron los mantenimientos al igual que las revisiones preventivas. Asimismo, gracias a los formatos que se crearon con la misión de mantener en constante actualización los registros, así como la constante revisión de los programas, procesos y procedimientos involucrados en la mejora continua del mantenimiento aplicado en la empresa, se consiguió mejorar el funcionamiento de la maquinaria utilizada.

CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES

Al momento de finalizar con el proyecto, los resultados realmente fueron favorables para la empresa, tanto así que fueron aceptados y tomados en cuenta para su seguimiento. Por lo cual, de esta manera se sembraron las bases para fortalecer el departamento encargado de preservar el estado de los equipos e infraestructura de la empresa metalmeccánica. Asimismo, si a la empresa se le es posible seguir con la metodología propuesta, misma que se basa en el Ciclo PHVA de la norma ISO 9001:2015, la podrá aplicar en cualquier departamento o área. Dicho esto, el objetivo principal el cual era la reestructuración del departamento de mantenimiento fue conseguido con resultados satisfactorios que pueden seguir una pauta, pues esto mismo propicio la creación y modificaciones de formatos viejos que no se apegaban a los estándares de la normativa.

Reestructuración del área de mantenimiento de una empresa de acuerdo con la normativa ISO 9001:2015

En conclusión, el brindarle una mejor metodología de trabajo más efectiva a la empresa, en comparación a la que poseían, logró facilitar el control de los mantenimientos; ya que se pudieron programar sin interponerse con otros. Esta última acción se presentaba con frecuencia en la empresa provocando cuellos de botella en el área de producción, o inclusive se relegaban los mantenimientos, dejando pasar demasiado el tiempo y por consecuencia una posible falla correctiva que detendría aún más la producción.

REFERENCIAS

- Anrrango, D. X. (2023). Diseño del sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2015 para la Empresa Autoservicios Palacios [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Obtenida el 17 de julio de 2023, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14462>
- Briones, T. G., Carvajal, D. A., & Sumba, R. Y. (2021). Utilidad del benchmarking como estrategia de mejora empresarial. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(3), 2026-2044. ISSN-e 2550-682X. Obtenida el 28 de julio de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926897>
- Chavarria, A. (2022). *ISO 9001 EN PROCESOS DE MANTENIMIENTO*. Obtenida el 3 de agosto de 2023, de <https://es.linkedin.com/pulse/iso-9001-en-procesos-de-mantenimiento-axel-chavarria-morales>
- Chiavenato, I. (2007). *Introducción a la teoría general de la administración*, (7.a ed.) México: McGraw-hill/interamericana EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenida el 1 de Agosto de 2023, de https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/15525/mod_resource/content/0/Chiavenato%20Idalvert%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20teor%C3%ADa%20general%20de%20la%20Administraci%C3%B3n.pdf
- Mejía, J. (2019). *TEORÍA DE LA INNOVACIÓN ORGANIZACIONAL | Una Descripción de Las Principales Escuelas y Sus Contribuciones Por Autor*, (1.a ed.), México: Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Obtenida el 7 de Agosto de 2023, de https://dca.cucea.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/2019_teor%C3%ADa_de_la_innovaci%C3%B3n_organizacional_una_descripci%C3%B3n_de_las_principales_escuelas_y_sus_contribuciones_por_autor.pdf
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2015). *ISO 9001:2015: Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*. Obtenida el 17 de julio de 2023, de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

Informal commerce, a growing economic sector, its fiscal impact and competitive advantage over the formal businesses of Lázaro Cárdenas Michoacán

Rafael Casas Cárdenaz ¹
Ofelia Barrios Vargas ²
Adán Rubio Cuevas ³

RESUMEN

El comercio informal en México es un sector económico en crecimiento, pues según la encuesta nacional de ocupación y empleo, en febrero de 2022, el 54.6% de la población ocupada, corresponde a esta colectividad. Lo anterior, da origen a diferentes problemas, tales como; evasión fiscal, debido a que los establecimientos en donde laboran, no se encuentran inscritos en el registro federal de contribuyentes o estando, quedan fuera de su control. En consecuencia, por lo mismo, provocan inseguridad laboral en su plantilla de trabajadores, al no otorgarse en la mayoría de los casos, las prestaciones de seguridad social, así como los demás beneficios establecidos en la ley federal del trabajo. De lo anterior, surge la necesidad de proponer una estrategia para la regularización de estos negocios, incorporándolos dentro de la formalidad, dando un periodo de transición para que puedan adaptarse de manera gradual.

PALABRAS CLAVE: Norma 9001:2015, mejora, área de mantenimiento, calidad.

Fecha de recepción: 28 de agosto, 2023.

Fecha de aceptación: 16 de octubre, 2023.

¹Departamento de Ciencias Económico-Administrativas. Tecnológico Nacional de México, Campus Lázaro Cárdenas, Michoacán, México. rafael.casas@lcardenas.tecnm.mx

² Departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México, Campus Lázaro Cárdenas, Michoacán, México ofelia.barrios@lcardenas.tecnm.mx

³ Departamento de Ciencias Económico-Administrativas. Tecnológico Nacional de México, Campus Lázaro Cárdenas, Michoacán, México. adan.rubio@lcardenas.tecnm.mx



El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

ABSTRACT

The informal commerce in Mexico is a growing economic sector. According to the National Occupation and employment Survey of February 2022, 54.6% of the employed population is part of this sector. This gives rise to different problems, such as tax evasion due to the lack of registration in the federal taxpayer registry or the lack of control over the establishments. Consequently, this leads to job insecurity for workers, as they are not provided with social security benefits or other benefits established by federal labor law. This situation highlights the need to propose a strategy for the regularization of these businesses, incorporating them into formality and providing a transition period for gradual adaptation.

KEYWORDS: Informal commerce, tax evasion, job insecurity, social security

INTRODUCCIÓN

El comercio informal, es un fenómeno que en las últimas décadas se ha extendido de manera exponencial en México, se caracteriza principalmente por integrarse en organizaciones que aglutinan un número determinado de miembros, regularmente se establecen en la vía pública y mercados, lo que les permite empoderarse y en algunos casos, contar con la protección de funcionarios con el propósito de afiliación partidista. Sus actividades, quedan fuera del control fiscal, laboral y demás regulaciones legales en el país, generando una competencia injusta y carente de equidad frente al comercio formal, que se sujeta al marco legal, que les exige cumplir con sus obligaciones tributarias y laborales a que están sujetos.

Según Camberos y Bracamontes (2021), “una consecuencia del crecimiento de la informalidad en México a lo largo de las cuatro últimas décadas es su contribución a la pobreza de millones de trabajadores y sus familias, porque los ha dejado al margen de los beneficios de un sistema de salud y los ha privado de una pensión para el retiro, que los ha condenado a un futuro incierto”.

De acuerdo con los datos sobre ocupación y empleo, publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en enero de 2022, la población desocupada fue de 2.1 millones de personas, mismas que buscan alternativas de autoempleo, siendo la informalidad una opción a la que una parte importante recurre. Este fenómeno que fue creciendo desde décadas anteriores, tales como; los ochentas y noventas, en que los índices inflacionarios fueron extremadamente altos, provocando incluso, en 1992 la eliminación de 3 ceros al peso. Esto provocó en dichos años, inestabilidad económica, aumento de la pobreza y falta de oportunidades de trabajo. Sin embargo, su crecimiento además de provocar los problemas ya mencionados genera un mal precedente en el marco regulatorio laboral y fiscal principalmente, alentando esta práctica, aumentando la problemática y la inconformidad del comercio establecido de manera formal. Por otra parte, puede ser utilizado para actividades consideradas lavado de dinero.

METODOLOGÍA

La presente investigación, está basada en fuentes de la legislación mexicana, electrónicas, literarias y científicas, de organismos públicos, de la banca y demás entidades económicas. También se utilizó información proveniente de estadísticas gubernamentales, de las que se extrajo datos que contribuyen a la explicación de la problemática abordada. Para la recolección de información directa, se observó diferentes sectores del comercio informal, de Ciudad Lázaro Cárdenas, Michoacán y otras pertenecientes al estado y centro del país, para contar con mayor cantidad de evidencias en cuanto a la recurrencia del tema, dando origen a un enfoque empírico con análisis cualitativo.

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

En esta investigación, la variable independiente es el comercio informal, pues representa el objeto de estudio, buscando incidir en la variable dependiente, cuya finalidad, proponer un plan, que, de manera gradual, contribuya en la formalidad legal y económica de estos establecimientos.

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

en el artículo 31 fracción IV, de la constitución política de los estados unidos mexicanos (2021), que establece la obligación de los ciudadanos de contribuir para los gastos públicos, así de la Federación, como de los Estados, de la Ciudad de México y del Municipio en que residan, de la manera proporcional y equitativa que dispongan las leyes. Sin embargo, el comercio informal, queda fuera del control tributario, respecto del pago de los impuestos federales y estatales, principalmente. De la misma forma, al no registrar a sus trabajadores para efecto de los servicios de seguridad social, omitiendo el pago de las cuotas obrero-patronales al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y al Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), dejando de pagar además, los impuestos estatales sobre nóminas.

Comercio informal

De acuerdo con el Senado de la República (2021), se entiende como comercio informal aquel en el cual las personas laboran por su cuenta en micronegocios comerciales que operan en la vía pública, y de manera irregular ya que no cuentan con los permisos o procesos fiscales requeridos por las autoridades para ejercer su actividad.

“La economía informal, es aquella donde las condiciones laborales, no siguen un marco legal. Así, abarca una serie de actividades productivas, donde los trabajadores no cuentan con derechos como vacaciones, compensación por tiempo de trabajo, indemnizaciones por despido, entre otros” (Westreicher, 2020).

“La informalidad es un fenómeno complejo y multidimensional, que a la vez es causa y consecuencia de los bajos niveles de desarrollo. Algunos de los posibles factores causantes de la informalidad son los marcos institucionales débiles e ineficientes, los bajos niveles de competencias entre la población y los bajos niveles de productividad, en particular, en los sectores más intensivos en mano de obra”. (OCDE, 2020).

“Para considerarse informal, un negocio debe tener todas estas características: conformarse de 5 personas ocupadas o menos; no pagar contribuciones patronales, no formar parte de una empresa con varios establecimientos, no contar con personal proporcionado por otra razón social, no pagar servicios contables, legales y de administración y no gastar en asesoría comercial ni sistema contable” (Villanueva, 2020).

La informalidad origina múltiples problemas en la economía de un país, refleja la carencia de un marco legal sólido, justo y equitativo. Que además presenta un múltiple efecto, el primero por la afectación al estado por la no tributación, en segundo término, por el menoscabo en los derechos laborales de los trabajadores, en consecuencia, contribuye en el aumento de la pobreza y finalmente, por la competencia desigual, frente a la actividad formal, al competir en condiciones favorables. Además de lo anterior, crea una cultura de creación de negocios bajo este esquema, fuera de los controles del sistema de administración tributaria (SAT), mercantiles y de trabajo, lo que contribuye en las prácticas de evasión fiscal y las desigualdades sociales por falta de recursos para los programas públicos que benefician a la comunidad.

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

Evasión fiscal.

De conformidad con lo establecido en el código fiscal de la federación (2021), concretamente en su artículo 108, Comete el delito de defraudación fiscal quien, con uso de engaños o aprovechamiento de errores, omite total o parcialmente el pago de alguna contribución u obtenga un beneficio indebido con perjuicio del fisco federal.

La evasión fiscal es un delito que afecta a toda la nación, ya que los inculpados, al pretender ocultar sus ganancias, dejan de pagar impuestos que afectan las finanzas estatales y limita los recursos del gobierno para realizar políticas públicas o programas sociales (Aguirre & Sánchez, 2019).

“En la evasión fiscal, el contribuyente de manera consciente y voluntaria intenta pagar menos impuestos de los que le corresponde. Esta actividad ilícita puede traer graves consecuencias para el infractor como por ejemplo multas, la imposibilidad de realizar ciertas actividades o penas de cárcel” (Roldán, 2016).

Tomando en cuenta las opiniones de los autores consultados, la evasión fiscal es el acto premeditado, ejecutado directamente por el contribuyente o mediante la orientación de un tercero, encaminado a la disminución de los ingresos reales, consideración de deducciones falsas, omisión total o parcial de un impuesto, violando así las leyes tributarias respectivas, causando, un daño directo a la recaudación del estado, como sujeto activo de la obligación tributaria.

Los establecimientos informales, al no estar registrados ante la autoridad federal y estatal, para efectos del pago de contribuciones, cometen el delito de evasión fiscal, sin embargo, las autoridades correspondientes, hasta ahora, no han ejercido sus facultades otorgadas en la regulación tributaria. Lo mismo sucede con las obligaciones en materia de seguridad social, careciendo los trabajadores de los servicios de salud y vivienda, a largo plazo, carecerán de los requisitos para aspirar a una pensión.

Lo anterior, es violatorio de las disposiciones constitucionales, relativas a la justicia y equidad tributaria, además de las disposiciones de la ley federal del trabajo, relacionadas con los derechos de los trabajadores y obligaciones de los patrones, sin omitir la ley del seguro social y la del Instituto del fondo nacional de la vivienda para los trabajadores.

Inseguridad laboral

La inseguridad laboral puede estar provocada por diferentes factores. Los salarios bajos, por ejemplo, impiden en muchos casos satisfacer las necesidades básicas, dando lugar a situaciones de estrés cada vez que hay que afrontar el gasto de dinero. La relación entre el trabajo y los intereses del trabajador también es un factor importante, ya que aquellos que no trabajen para lo que han estudiado o para lo que son aptos consideran su trabajo como poco satisfactorio (Hoyos, 2020).

Tanto las condiciones como las experiencias del sujeto se desarrollan en un contexto determinado, del cual no solo es participe, sino que a su vez es modificado por él, por lo cual resulta apropiado focalizar en dicho ambiente y el clima del mismo, en cuanto a las interacciones y emociones que estas generan en las personas, como así también los beneficios y consecuencias que podrían representar (Sander & Cordoba, 2018).

“La inestabilidad laboral es una afectación a la libertad de trabajo en su faz de salida, la cual implica la facultad que tiene el empleador de despedir a sus trabajadores de manera simple y sin ningún trámite adicional” (Lique & Beyá, 2016).

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

“Con el paso de los últimos años, el ambiente laboral se ha estado volviendo más tenso, lo que hace que las personas que tengan ciertos problemas de salud y problemas de autoestima, ante esta situación, los riesgos en los que regularmente se presentan, aumenten o bien se hagan más severos y comunes” (Madero & De la Garza, 2015).

Los autores mencionados, abordan diferentes enfoques, tales como; la carencia de satisfacción de sus necesidades, la repercusión de esto en el clima laboral, la vulnerabilidad jurídica del trabajador y la salud mental de los mismos. El empleo informal, es un grave problema social, por estar fuera del marco legal, por tanto, los trabajadores son vulnerables, al carecer de las prestaciones de seguridad social, recibir bajos salarios, no cuentan con los incentivos conforme a la ley, quedan, por tanto, fuera de los servicios de salud y previsión social. A largo plazo, no se crean los fondos de pensiones para el retiro, adolecen de la oportunidad de cotizar para Infonavit y otros beneficios por no ser trabajador formal.

Previsión social

La Seguridad Social es “la protección que una sociedad proporciona a los individuos y los hogares para asegurar el acceso a la asistencia médica y seguridad de ingreso”, siendo de vital importancia bajo condiciones de vulnerabilidad como: desempleo, edad avanzada, discapacidad/limitaciones cognitivas y de motricidad, accidentes laborales, maternidad o muerte de quien sostiene a una familia, entre otras (Cotonieto, 2021).

De conformidad con la ley del impuesto sobre la renta, ISR (2021), emitida por el H. Congreso de la Unión, se considera previsión social, las erogaciones efectuadas que tengan por objeto satisfacer contingencias o necesidades presentes o futuras, así como el otorgar beneficios a favor de los trabajadores o de los socios o miembros de las sociedades cooperativas, tendientes a su superación física, social, económica o cultural, que les permitan el mejoramiento en su calidad de vida y en la de su familia.

Por su parte Padrón (2021), menciona que las prestaciones de previsión social van encaminadas a garantizar que los trabajadores ante alguna contingencia que les pueda sobrevenir cuenten con los medios necesarios para afrontarla y sirven para mejorar la calidad de vida de estos y sus familiares, ello porque al recibir este tipo de beneficios, evitan desembolsar parte de su salario para atender tales eventualidades.

De lo anterior, se puede concluir, que la previsión social, son contraprestaciones adicionales al salario y tienen por objeto, atender la salud del trabajador, las necesidades de vivienda, alimentación, retiro y demás, que mejoren su calidad de vida y la de su familia. Las empresas en México, de acuerdo a su capacidad económica, algunas otorgan prestaciones adicionales a las establecidas en ley, tales como despensa, fondo de ahorro, becas educacionales, gastos médicos mayores, entre otras, sin embargo, las microempresas por sus características económicas se apegan a las mínimas de ley, cuando se encuentran dentro del sector formal.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con el comunicado de prensa de INEGI (2020), en 2019 había en México 6.3 millones de establecimientos, de los cuales, el 62.6% son informales, es decir; 3.9 millones, de los cuales el 94.9% corresponden al tamaño micro, 4.9% son medianos y 0.02% son grandes.

De la información anterior, 6,373,169 establecimientos fueron computados en 2019, para su análisis y fácil comprensión se detalla en la siguiente:

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

Tabla 1. Establecimientos formales e informales en México.

Descripción	%	Total
Establecimientos formales	37.4	2,383,565
Establecimientos informales	62.6	3,989,604
Total, establecimientos a 2019	100	6,373,169

Fuente: Elaboración propia, basado en la información presentada por INEGI (2020).

Los establecimientos informales, de acuerdo con la tabla anterior, son 3.989,604, representando el 62.6% mencionado con anterioridad, sobrepasando a los formales que únicamente acumulan un 37.4%, situación que debe analizarse, derivado de las consecuencias comentadas, con la finalidad de buscar alternativas para que la problemática no se agrave y en todo caso, buscar incorporar lo más posible dentro del marco legal.

Tabla 2. Clasificación de las empresas informales en México por su tamaño.

Empresas informales	%	Total
Microempresas	94.9%	3,786,134
Medianas empresas	4.9%	195,491
Grandes empresas	0.2%	7,979
Total	100%	3,989,604

Fuente: Elaboración propia, basado en la información presentada por INEGI (2020).

1. Efecto fiscal estimado en el ISR

Las microempresas de acuerdo con la estratificación efectuada por la Secretaría de Economía (2009), son aquellas que obtienen ingresos anuales, hasta cuatro millones de pesos y ocupan como límite 10 trabajadores. De acuerdo con la tabla anterior, representan un 94.9% de los negocios informales. Para efectos fiscales, actualmente en México, existe en el impuesto sobre la renta (ISR), el régimen de tributación, simplificado de confianza, para aquellos contribuyentes cuyos ingresos en el año no rebasen 3.5 millones de pesos. La tasa impositiva va del 1 al 2.5% sobre los ingresos. La tabla anual para personas físicas de este ordenamiento está integrada por cinco niveles de acuerdo a los ingresos le corresponde una tasa establecida, conforme a lo siguiente:

Tabla 3. Tabla anual para el régimen simplificado de confianza

Ingresos anuales hasta	Tasa aplicable	Impuesto
Hasta \$ 300,000.00	1%	\$ 3,000.00
Hasta 600,000.00	1.10%	6,600.00
Hasta 1'000,000.00	1.50%	15,000.00
Hasta 2'500,000.00	2.00%	50,000.00
Hasta 3'500,000.00	2.50%	87,500.00

Fuente: Elaboración propia basado en la ley del impuesto sobre la renta (2021).

La tarifa se encuentra integrada por la columna de ingresos anuales hasta el límite mencionado y la correspondiente a la tasa aplicable. La relativa al impuesto, se agregó para tener idea de la contribución que en su caso le corresponde pagar, observando que realmente representa este régimen fiscal, grandes ventajas. Si se considera el nivel más bajo de la tabla, es decir, establecimientos hasta trescientos mil pesos de ingresos se tiene el siguiente resultado.



El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

Tabla 4. Cálculo del impuesto sobre la renta estimado que se deja de percibir.

Ingresos anuales hasta	Número de establecimientos microempresas	Base de impuesto (Millones de pesos)	Tasa	Impuesto (Millones de pesos)
\$ 300,000	3,786,134	\$ 1'135,840.2	1%	\$ 11'358.4

Fuente: Elaboración propia, basado en la ley del impuesto sobre la renta (2021).

Lo anterior, considerando que las microempresas representan como ya se mencionó, el 94.9% de las empresas informales, tomando en consideración el límite de ingresos de \$ 300,000.00, a los que corresponde una tasa del 1%, de acuerdo con la tabla anual para el régimen simplificado de confianza (RESICO), da como resultado que la autoridad tributaria deja de percibir por este sector, una cifra aproximada a los once mil trescientos cincuenta y ocho millones, cuatrocientos dos mil pesos de impuesto sobre la renta. Lo anterior sin tomar en cuenta el impuesto al valor agregado, mismo que se dificulta su determinación, pues muchas de las microempresas, tales como carnicerías, venta de tortillas, pan, frutas y verduras, están gravados a la tasa del 0%, sin embargo, los establecimientos afectos a este tributo están obligados a pagar conforme a las disposiciones de la ley en cuestión. Además, en esta contribución, de acuerdo al procedimiento para su cálculo, se acredita del impuesto a cargo, el pagado por las adquisiciones y erogaciones afectas al establecimiento.

2. Efecto fiscal en las cuotas obrero-patronales IMSS/INFONAVIT

Considerando el censo realizado en 2019 por INEGI (2020), el personal ocupado por las MiPymes es de 36,038,272 trabajadores, representando un 37.2 el que labora en microempresas, lo que arroja un total de 13,406,237 empleados en dichos establecimientos, tal y como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 5. Personal ocupado por micronegocios

Personal ocupado por MiPymes (2019).	Porcentaje correspondiente a microempresas	Personas ocupadas por micronegocios	Porcentaje de establecimientos informales	Personas ocupadas por establecimientos informales
36,038,272	37.2%	13,406,237	62.6%	8,392,304

Fuente: Elaboración propia, basado en la información presentada por INEGI (2020).

El resultado de la tabla anterior se obtiene considerando el porcentaje de establecimientos informales, como criterio, para poder estimar los trabajadores en la informalidad y así determinar sus cuotas obrero-patronales, obteniéndose así un total de 8,392,304 personas ocupadas por estos negocios. El salario mínimo general en México, vigente para 2023, es de \$ 207.44 para el resto del país y de \$312.41 en la zona libre de la frontera norte. Tomando como referencia el primero y considerando las personas ocupadas por micronegocios determinadas en la tabla anterior, a continuación, se proyecta el salario base de cotización.

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

Tabla 6. Salario mínimo base de cotización anual

Personas ocupadas por micronegocios	Salario mínimo general resto del país	Días del año	Salario mínimo general resto del país elevado al año de personas ocupadas (Millones de pesos)	Factor de integración del salario (Primer año y prestaciones mínimas).	Salario base de cotización elevado al año de personas ocupadas (Millones de pesos)
8,392,304	\$ 207.44	365	\$ 635,428.3	1.0493	\$ 666,754.9

Fuente: Elaboración propia, basado en la ley del seguro social (2023).

En esta tabla, de acuerdo con el promedio estimado de personas ocupadas por micronegocios, tomando en consideración el salario mínimo general, correspondiente al resto del país, se determina el salario base de cotización para efectos del pago de cuotas obrero patronales al instituto Mexicano del Seguro Social y al Instituto Nacional del Fondo de la vivienda para los trabajadores por la cantidad de \$ 666,754.9 cantidad en millones de pesos, siendo por tanto (seiscientos sesenta y seis mil, setecientos cincuenta y cuatro millones, novecientos mil pesos) elevado al año. Para dicho cálculo, se emplea un factor de integración con las prestaciones mínimas de ley, aplicable para el primer año de 1.0493. Con lo anterior, se puede estimar el monto de las cuotas obrero-patronales.

Tabla: 7 Cuotas patronales IMSS e INFONAVIT anuales sobre un salario mínimo del personal ocupado

Salario base de cotización elevado al año de personas ocupadas (Millones de pesos)	Porcentaje cuotas obrero-patronales IMSS	Porcentaje cuotas obrero-patronales INFONAVIT	Cuotas obrero-patronales IMSS (Millones de pesos).	Cuotas obrero-patronales INFONAVIT (Millones de pesos).
\$ 666,754.9	32.925%	5%	\$ 219,529.0	\$ 33,337.7

Fuente: Elaboración propia basado en la ley del seguro social y del Infonavit.

Como se observa, considerando el salario base de cotización determinado en la tabla anterior, se cuantifican las cuotas obrero-patronales al IMSS por un total \$ 219,529.0, considerando que es una cantidad en millones de pesos, corresponde a (Doscientos diecinueve mil quinientos veintinueve millones setenta mil pesos), considerando que el resultado es en millones de pesos. En cuanto a las correspondientes al INFONAVIT una cantidad de \$ 33,337.7 equivalente a (treinta y tres mil trescientos treinta y siete millones setecientos cincuenta mil pesos). Importes que se dejan de cubrir a dichas instituciones, no obstante, lo más preocupante, son los beneficios de la seguridad social, que no reciben los trabajadores. El porcentaje aplicado por concepto de cuotas IMSS, se determinó conforme a los valores que aparecen en la siguiente tabla.



El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

Tabla: 8 Porcentajes de cuotas IMSS vigentes para 2023

Seguro	Prestaciones	Cuotas			Base salarial
		Patrón	Trabajador	Total	
Riesgos de trabajo		0.5%		0.5%	SBC
Enfermedades y maternidad	Cuota fija p/trabajador hasta 3 UMAs	20.400%	0.000%	20.400%	UMA
	Gastos médicos pensionados	1.050%	0.375%	1.425%	SBC
	En dinero	0.700%	0.250%	0.950%	SBC
Invalidez y vida		1.750%	0.625%	2.375%	SBC
Retiro, cesantía en edad avanzada y vejez	Retiro	2.000%	0.000%	2.000%	SBC
	Cesantía en edad avanzada y vejez	3.150%	1.125%	4.275%	SBC
Guarderías y prestaciones sociales		1.000%	0.000%	1.00%	SBC
Total, de cuotas patronales IMSS				32.925%	

Fuente: Elaboración propia, basado en ContadorMx (2023).

Es importante aclarar, que de acuerdo con el artículo 36 de la ley del seguro social, las cuotas de los trabajadores que perciben un salario mínimo le corresponden pagar su importe al patrón íntegramente, siendo este, la base del cálculo. Así mismo, en el seguro de riesgo de trabajo, para el presente caso, se aplica el 0.50%, que es la aportación más baja en este ramo, sin embargo, de acuerdo al grado de siniestralidad de cada empresa, se clasifica como lo establece el artículo 73 de dicha ley, tomándose en este trabajo el porcentaje mencionado para aproximar los cálculos de las contribuciones en cuestión.

También se aclara, que por tratarse en este ejemplo un salario mínimo, el porcentaje aplicado en el cálculo de la contribución al IMSS, no se considera la cuota adicional de 1.500%, aplicable para aquellos casos en que la percepción es superior a 3 UMAs. Así mismo, en el seguro de cesantía en edad avanzada y vejez, se toma el porcentaje relativo a la percepción mencionada, pues a partir de 2023, se establecen diferentes porcentajes en la cuota patronal dependiente de la percepción del trabajador.

La omisión del pago de impuestos y de las aportaciones de seguridad social, así como determinadas prestaciones laborales, tales como; participación de los trabajadores en las utilidades, gratificación anual, vacaciones y prima vacacional, fondos para el retiro, impacta directamente en el nivel de vida de los trabajadores y sus familias, careciendo, además, por las características jurídicas del empleador, de una seguridad en el empleo. Lo anterior, permite a estos establecimientos, mediante el incumplimiento de estas obligaciones, generar ahorros indebidos, afectando además a los negocios formales y a la hacienda pública federal, estatal y local.

Recomendaciones

Como alternativa de solución, se propone lo siguiente:

- 1) Control del comercio informal por los gobiernos de cada estado. Para la federación, se complica el control y regularización de estos establecimientos, sin embargo, al intervenir la entidad federativa, dentro de los programas de colaboración en materia fiscal, puede asumir esta tarea integrando en el registro federal de contribuyentes (RFC) y ante las autoridades del instituto mexicano del seguro social (IMSS).
- 2) Pago de impuestos mediante cuota fija en el ISR e IVA. Regresar a las cuotas fijas que incluyan estos impuestos, que sean revisadas y actualizadas cada año, que contemplen los impuestos de manera justa y equitativa a sus ingresos estimados, emitiendo las tesorerías

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

de los estados, los recibos de pago correspondientes. Este procedimiento ya se ha empleado con anterioridad, sin embargo, sólo se integraron algunos establecimientos del comercio informal en su momento, quedando la gran mayoría fuera del padrón de contribuyentes. Se pueden establecer estímulos en estos impuestos, para que de manera gradual se vayan adaptando al pago de los mismos.

- 3) Liberar de la obligación de llevar contabilidad. Por las características de estos establecimientos y su capacidad administrativa. Se recomienda únicamente obligar a la conservación de sus comprobantes fiscales de adquisiciones y gastos, que reúna requisitos establecidos en el código fiscal de la federación, obligando, además, el pago de los mismos, mediante transferencia electrónica, cheque nominativo para abono en cuenta, tarjeta de crédito y débito, cuando su importe exceda de dos mil pesos, excepto salarios.
- 4) Cuotas patronales IMSS. En cuanto a las cuotas patronales al seguro social, se recomienda establecer aplicación de un estímulo del 50% del total de su importe, para el primer año de operaciones, que, de manera gradual, mediante un incremento porcentual del 5% anual, acumule el 100% de las mismas en un término de 10 años. En cuanto a las cuotas al INFONAVIT, estas se recomienda su pago desde un inicio, por tratarse de un fondo que da origen a los beneficios en materia de vivienda de los trabajadores, a efecto de que no les afecte en el ejercicio de este derecho.

CONCLUSIONES

El comercio informal, es un fenómeno que ha crecido de manera desproporcionada, generando diferentes problemas como ya se mencionó, tales como la evasión fiscal, principalmente en la ley del impuesto sobre la renta y las cuotas obrero-patronales establecidas en la ley del seguro social, así como en materia de vivienda por las aportaciones al instituto del fondo nacional de la vivienda para los trabajadores. De igual manera en el caso de Michoacán, la omisión en el pago del impuesto sobre nóminas. Lo anterior, genera un detrimento en la recaudación tributaria por un lado y una competencia desleal frente a los negocios que funcionan dentro de la formalidad, creando un precedente ante el cumplimiento del marco legal, que alienta su crecimiento.

Sin duda, tal y como lo afirman Camberos y Bracamontes (2021), la informalidad, contribuye en el crecimiento de la pobreza, pues los trabajadores quedan fuera de los servicios de salud, la percepción de las prestaciones de ley, se salen del control oficial y finalmente quedan fuera del sistema pensionario establecido en la ley del seguro social. Adicionalmente se ubican al margen de prestaciones relativas a la vivienda que obliga la ley de INFONAVIT. Sin embargo, es complicado determinar una cifra exacta, por la dificultad para determinar con exactitud los trabajadores de estos establecimientos y sus salarios reales. Así mismo, factores como el grado de riesgo aplicable, por lo tanto, los cálculos presentados reflejan una estimación de las cuotas que se omiten y que servirían para mejorar la calidad de los servicios y el nivel de vida de los derechohabientes.

Los hallazgos del presente trabajo reflejan la problemática que origina el comercio informal, relacionada con la evasión fiscal, así mismo, en la inseguridad en materia laboral y la competencia desigual frente a la actividad formal. Lo anterior crea la propuesta de un plan que, de manera gradual, contribuya en la formalidad legal y económica de estos establecimientos, regresando al esquema de cuotas fijas, en lo que respecta al ISR, e IVA, delegando la autoridad a los estados esta tarea, para la creación del padrón de establecimientos y su registro en el RFC y la recaudación de los impuestos mencionados. Al existir este control, las autoridades del IMSS e INFONAVIT podrán identificar los diferentes negocios, para enviar las invitaciones, en primera instancia, de regularizar su situación, aprovechando los estímulos mencionados con anterioridad. Posteriormente utilizar otros mecanismos de ley para su incorporación.

El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

Además de la problemática relacionada con la evasión de impuestos, como se mencionó, contribuye en el aumento de la pobreza, al privar de los servicios de salud, el sistema de pensiones y vivienda. Por ello, es importante aplicar estrategias relacionadas con su regularización, aplicando estímulos fiscales, de manera gradual, con el propósito de que cuenten con un periodo de adaptación. Así mismo, debe considerarse que al ser establecimientos fuera del marco legal, se convierten en un sector atractivo para el lavado de dinero y actividades ilícitas, tales como el contrabando, venta de artículos robados, entre otras.

REFERENCIAS

- Aguirre, J., & Sánchez, M. (2019). *Evasión Fiscal En México*. Senado de la República.
- Camara de Diputados, H. C. (11 de Diciembre de 2021). *H. Congreso de la Unión*. Ley ISR . <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR.pdf>
- Camara de Diputados, H. C. (21 de 12 de 2021). *H. Congreso de la Unión*. Código Fiscal de La Federación: <https://www.diputados.gob.mx/>
- Camberos, M., & Bracamontes, J. (2021). La informalidad laboral en las entidades de México en el siglo XXI. *Revista Internacional de estadística y geografía*, 12(1), 30-47.
- ContadorMx. (9 de Febrero de 2023). *ContadorMx*. <https://contadormx.com/2023/02/09/cuotas-imss-2023>
- Cotonieto, E. (2021). Evolución de la Seguridad Social en México y su relación con el contexto socioeconómico nacional (1900-2020). *SCIELO*, 5(7). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.19230/jonnpr.3511>
- Diputados, C. d. (12 de Noviembre de 2021). *H. Congreso de la Unión*. Código Fiscal de la Federación: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CFF.pdf>
- Diputados, C. d., & Unión, D. H. (28 de 05 de 2021). *H Congreso de la Unión*. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Hoyos, M. (27 de Agosto de 2020). *Psicología de las Organizaciones*. <https://lamenteesmaravillosa.com/como-afecta-la-inseguridad-laboral-a-la-salud/>
- Instituto Nacional de estadística y Geografía, I. (2022). *Indicadores de ocupación y empleo*. INEGI.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística, I. (2020). *Censos económicos 2019*. INEGI.
- Llique, R., & Beyá, E. (2016). La Inestabilidad Laboral en el Perú y sus Impactos en la Psicología desde una mirada del Psicoanálisis. *Derecho & Sociedad*(46), 229-245.
- Madero, S., & De la Garza, J. (2015). Relación de la inseguridad laboral, los sistemas de pagos y la congruencia de valores con el compromiso y la motivación hacia el trabajo. *XX Congreso internacional de Contaduría, Administración e Informática*. Mexico: Ciudad Universitaria. <https://investigacion.fca.unam.mx/docs/memorias/2015/3.13.pdf>
- OCDE. (2020). *Informalidad e Inclusión Social en Tiempos de COVID- 19*. Cumbre Ministerial Virtual Sobre Inclusión Social OCDE- América Latina y el Caribe.



El comercio informal, sector económico en crecimiento, su impacto fiscal y ventaja competitiva frente a los negocios formales de Lázaro Cárdenas Michoacán

- Padrón, L. (29 de septiembre de 2021). *Padrón & Villalobos Consultores S.C.*
<https://padronvillalobos.com/que-es-la-prevision-social/>
- Senado de la República,(14 de Septiembre de 2021). *Gaceta del Senado.*
https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_del_senado/documento/120549
- Roldán, P. (4 de Abril de 2016). *Economipedia.*
- Sander, A., & Cordoba, E. (2018). Bienestar psicológico laboral. *X Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología.* Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. <https://www.aacademica.org/000-122/227>
- Secretaria de Economía, S. (2009). *Estratificación de las MiPymes.* Diario oficial de la federación.
- Villanueva, D. (17 de Julio de 2020). Dos de cada tres negocios en México son informales.
<https://www.jornada.com.mx/ultimas/economia/2020/07/17/dos-de-cada-tres-negocios-en-mexico-son-informales-5450.html>
- Westreicher, G. (24 de Abril de 2020). *Economipedia.*
<https://economipedia.com/definiciones/economia-informal.html>

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Verification of fulfillment of functional requirements in agile development based on the ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Blanca Lilia Cruz Salas ¹
Carlos Leonardo Cerecedo Cruz ²
Rafaela María Gayosso Calles ³
Luis Manuel Bermúdez Del Ángel ⁴

RESUMEN

La presente investigación fue realizada con el fin de implementar un estándar de calidad en el proceso de pruebas para la Metodología ágil híbrida MDXP (Versión Beta) (Cruz Salas, et al., 2020). Para llevar a cabo esta implementación se estudiaron diferentes normas, estándares y reglas de calidad para seleccionar el más adecuado, dando como resultado la aplicación del estándar ISO/IEC/IEEE 29119 pruebas de software y la norma ISO/IEC 25010 Calidad del software para la elaboración de instrumentos de verificación de requerimientos funcionales y pruebas de aceptación. El proyecto de verificación de requerimientos, emana de la investigación “*Evaluación de la Metodología ágil híbrida MDXP (Versión Beta) en el cumplimiento de los requerimientos de software, aplicada durante la construcción del Sistema Integral del Club Petrolero Versión 2(SICAPV2)*”, ya que para comprobar el cumplimiento de los requerimientos, se requería de someter al sistema a un proceso de pruebas de función y de aceptación por el cliente que asegurara resultados fehacientes y que a su vez, se obtuviera una propuesta de verificación de requerimientos sustentada en un estándar de calidad para incluirla como parte de la Metodología Ágil MDXP, la cual se encuentra en un proceso de prueba, y en este caso particular, se estaba probando durante el desarrollo del Sistema Integral Club Petrolero” (SICP), para el área administrativa de la empresa Club Petrolero, A.C.

PALABRAS CLAVE: Verificación de Requerimientos; Metodologías Ágiles; Pruebas de Software.

Fecha de recepción: 04 de septiembre, 2023.

Fecha de aceptación: 25 de octubre, 2023.

¹Docente de tiempo completo. Perfil deseable y jefa de proyectos de docencia de educación dual en el Departamento de Sistemas y Computación y RIP Prodep. Instituto Tecnológico de Cerro Azul. blanca.cs@cerroazul.tecnm.mx

² Estudiante residente de la carrera de Ingris. en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Cerro Azul. L17500647@cerroazul.tecnm.mx

³ Docente de tiempo completo. Perfil deseable y jefa de proyectos de investigación en el Departamento de Sistemas y Computación. Instituto Tecnológico de Cerro Azul. rafaela.gc@cerroazul.tecnm.mx

⁴ Docente de tiempo completo. Perfil deseable y coordinador de postgrado. Instituto Tecnológico de Cerro Azul. luis.bd@cerroazul.tecnm.mx

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

ABSTRACT

This research was carried out in order to implement a quality standard in the testing process for the MDXP Hybrid Agile Methodology (Beta Version). To carry out this implementation, different norms, standards and quality rules were studied to select the most appropriate one, resulting in the application of the ISO/IEC/IEEE 29119 software testing standard and the ISO/IEC 25010 Software quality standard for development of functional requirements verification instruments and acceptance tests. The requirements verification project emanates from the research "Evaluation of the MDXP Hybrid Agile Methodology (Beta Version) in compliance with the software requirements, applied during the construction of the Comprehensive System of the Oil Club Version 2 (SICAPV2)", since that to verify compliance with the requirements, it was necessary to subject the system to a process of function testing and acceptance by the client that would ensure reliable results and that, in turn, a proposal for verification of requirements supported by a standard would be obtained. quality to be included as part of the MDXP Agile Methodology, which is in a testing process, and in this particular case, it was being tested during the development of the Petroleum Club Comprehensive System (SICP), for the administrative area of the company Club Petrolero, A.C.

KEYWORDS: *Requirements Verification; Agile Methodologies; Software Testing*

INTRODUCCIÓN

El proceso de prueba de software es un método importante y cada tarea que ejecuta el software, debe probarse antes de la entrega al cliente. Hoy en día, muchos desarrolladores buscan implementar metodologías de prueba a partir de un estándar de prueba de software que garantice su calidad.

La presente investigación surge de la necesidad de realizar un análisis del cumplimiento de requerimientos alcanzado habiendo aplicado la metodología ágil MDXP (Metodología Dinámica y Programación Extrema), con la finalidad de identificar las fortalezas y debilidades de la misma, en cuanto a requerimientos se refiere.

La investigación muestra de manera detallada cada una de las actividades referentes al testeo y comparativas del cumplimiento de requerimientos funcionales siguiendo las reglas sugeridas en las normas ISO/IEC/IEEE 29119 (ISO/IEC, 2016) e ISO/IEC/25010 (ISO/IEC, 2011), que aportaron un precedente valioso para implementarlo como parte de la Metodología Ágil MDXP (Versión Beta) que se encuentra en experimentación.

JUSTIFICACIÓN

Algunas de las razones por las que los proyectos de software no son exitosos, es porque no se aplican técnicas o normas adecuadamente para el desarrollo de la especificación de requerimientos de software y para la verificación del cumplimiento de estos, lo que conlleva a insatisfacción de las necesidades del cliente. Se pretende fortalecer el ciclo de prueba y lanzamiento disminuyendo el número de errores durante la verificación del cumplimiento de los requerimientos para lograr mayor grado de completitud funcional de los mismos.

METODOLOGÍA

Se aplicó el proceso de verificación de requerimientos siguiendo las cinco fases del plan de pruebas que establece el estándar ISO/IEC/IEEE 29119 los cuales son: planificación de pruebas, diseño de pruebas, implementación de pruebas, ejecución de pruebas y evaluación de pruebas. (Montes, 2015), aplicadas a un caso de estudio durante el desarrollo del incremento de pedidos y compras de materia prima del Sistema Integral del Club Petrolero Versión 2 (SICAPV2). Se aplicó el método cuantitativo para evaluar los resultados obtenidos y el objeto de medición fue la evaluación a través de instrumentos de encuestas para las pruebas de aceptación enfocadas en los requerimientos funcionales. El diseño de la encuesta está basado en la norma ISO/IEC 25010 y el enfoque es

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

evaluar el cumplimiento de los requerimientos funcionales. Para el desarrollo del plan de pruebas se tomó como base la Especificación de Requerimientos del Software (ERS por sus siglas) elaborada bajo la norma IEEE 830 y los casos de pruebas se diseñaron aplicando la técnica de caja negra. La investigación está basada en la hipótesis "A menor número de errores en la verificación de requerimientos, mayor grado de completitud funcional de los mismos".

Fase 1. Planificación de pruebas

Se identificaron los requisitos de prueba referentes a los requerimientos funcionales de los incrementos en estudio, se les asignó una prioridad de prueba de acuerdo al nivel de importancia con el que cada requerimiento fue calificado durante su levantamiento y se determinó su probabilidad de falla (Tabla 1), se definieron los recursos de pruebas tales como: entradas de pruebas, ambiente de pruebas y herramientas de pruebas y se realizó la estimación de tiempos para cada fase de las pruebas mediante un cronograma (Tabla 2), como resultado de esta fase se diseñó el documento de plan de pruebas el cual se basa en las características establecidas por la norma ISO/IEC/IEEE 29119.

Tabla 1 - Lista de prioridades de prueba

Código	Descripción	Prioridad	Probabilidad de falla	Criterio de Aceptación
RF2-01	Registrar los puestos que se asignan a los empleados	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-02	Registrar las áreas administrativas en las que se encuentran asignados los empleados.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-03	Registrar empleados clasificándolos en los diferentes puestos de acuerdo a sus funciones.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-04	Registrar los datos de los proveedores que suministran la materia prima al restaurante.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-05	Levantar pedidos de materia prima compuesto por dos secciones: Encabezado y Detalle de pedido, con los datos que se describen en la sección de entradas y debe permitir imprimir el pedido.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF2-06	Dar seguimiento a los pedidos levantados para autorizarlos, rechazarlos (si es innecesario) y surtirlos.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-01	Convertir un pedido surtido a una compra automáticamente al presionar el botón de surtir pedido.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-02	Mostrar un formulario de compra (encabezado de compra) al presionar el botón de surtir pedido.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-03	Calcular el costo total de cada materia prima comprada y el total de la compra automáticamente.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-04	Imprimir la compra y mostrar todos los datos que lleva la compra.	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.
RF3-05	Registrar compras de materia prima compuesto por dos secciones: Encabezado y Detalle de compra, con los datos correspondientes al pedido surtido de compra).	Alta	Baja	Cumplimiento de reglas de negocio y del proceso.

Tabla 2 - Entradas, ambiente y herramientas de pruebas

	Recursos de entrada	Función
Entrada de pruebas	Especificación de requerimientos de software	Mostrar la descripción detallada de los requerimientos funcionales de software
	Casos de uso	Mostrar la descripción de las acciones de un sistema desde el punto de vista del usuario.
Ambiente de pruebas	Navegadores	Chrome, Opera
	Sistemas Operativos	Windows 10
	Base de datos de pruebas	Base de datos: database Nombre: Casino.db Servidor BD: MySQL Datos: Aleatorios
	Equipo de pruebas:	Matebook D15 Procesador AMD Ryzen 7 3700U with Radeon Vega Mobile Gfx 2.30 GHz RAM instalada 8.00 GB (6.94 GB utilizable) Tipo de sistema Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
Herramientas de Pruebas	Herramienta	Función
	Visual Studio Code	Editar código fuente del software para la atención de errores.
	MySQL	Gestionar la base de datos en equipo servidor.

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Fase 2. Diseño de pruebas

Se eligió el tipo de prueba de caja negra que es un método de prueba de software en el que las funcionalidades de la aplicación de software se prueban sin conocimiento de la estructura del código interno, los datos de implementación y las rutas internas (Durand, 2017). Se definió el entorno de pruebas en base a las especificaciones de los equipos de cómputo de la empresa de tal manera que el entorno de pruebas sea lo más parecido al real, con la finalidad de que los resultados sean fiables. Se diseñaron los casos de prueba en base a las funciones y servicios establecidos dentro de los requerimientos funcionales y casos de uso de los incrementos ya mencionados como se muestra en la Tabla 3.

Se definieron los datos de prueba que serán necesarios para la ejecución de cada caso de prueba, el tipo de dato y la longitud fue asignada de acuerdo con la estructura que presenta la base de datos. La tabla 4 muestra como ejemplo los casos de prueba CP1-01 Registro de puestos de empleados del módulo de pedidos y el caso de prueba CP1-11 Registro de compra del módulo de compras.

Tabla 3 - Casos de pruebas diseñados.

ID	Caso de prueba	Descripción
CP1-01	Registro de puestos de empleados	Validar si el registro de los puestos de los empleados se guarda correctamente en la tabla "Puestos" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes
CP1-02	Registro de empleados	Validar si el registro de los empleados se guarda correctamente en la tabla "Empleados" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes
CP1-03	Registro de áreas administrativas	Validar si el registro de las áreas administrativas se guarda correctamente en la tabla "área_administrativa" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes.
CP1-04	Registro de estatus de pedido	Validar si el registro del estatus de pedido se guarda correctamente en la tabla "estatus" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes.
CP1-05	Registro de proveedores	Validar si el registro de los proveedores se guarda correctamente en la tabla "proveedor" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes.
CP1-06	Levantamiento de pedido	Validar si el sistema permite realizar la rutina levantamiento de pedidos registrando los datos correctamente en las tablas "Encabezado_pedido" y "Detalle_pedido" de la base de datos "casino".
CP1-07	Editar detalle del pedido	Validar si el sistema permite editar y eliminar los productos registrados en el pedido de materia prima.
CP1-08	Autorización del pedido	Validar si el sistema permite realizar la rutina seguimiento de pedidos permitiendo autorizar un pedido previamente registrado.
CP1-09	Rechazar el pedido	Validar si el sistema permite realizar la rutina seguimiento de pedidos permitiendo rechazar un pedido previamente registrado.
CP1-10	Surtimiento del pedido	Validar si el sistema permite realizar la rutina seguimiento de pedidos permitiendo surtir un pedido que previamente fue autorizado.
CP1-11	Registro de compra	Validar si el sistema realiza el registro de las compras y los guarda correctamente al agregar los datos correspondientes.

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Tabla 4 - Datos de entrada para Prueba

ID Caso_prueba	Caso de prueba	Datos de entrada	Modulo
CP1-01	Registro de puestos de empleados	<ul style="list-style-type: none"> Identificador del puesto. (Integer,3) Nombre del puesto (Varchar, 50) Descripción. (Varchar, 200) 	Pedidos
CP1-11	Registro de compra	<ul style="list-style-type: none"> Fecha de compra. (DATE) Número de factura. (Varchar,10) Nombre del proveedor. (Varchar,50) Persona que recibe. (Varchar,20) Nombre de materia prima. (Varchar,30) Cantidad. (Float) Costo unitario. (Float) Costo total. (Float) Total compra. (Float) 	Compras

Fase 3. Implementación de las pruebas

En esta fase, se crearon los datos de prueba de acuerdo con los valores de entrada definidos para la ejecución de cada caso de prueba. En la tabla 5 se muestran los datos para los casos de prueba presentados como ejemplo en la tabla 4 de la Fase 2 Diseño de pruebas.

Tabla 5 - Datos solicitados por los casos de prueba

ID caso_prueba	Caso de prueba	Datos de prueba	Modulo
CP1-01	Registro de puestos de empleados	<ul style="list-style-type: none"> Identificador del puesto: 4 Nombre del puesto: Mesero Descripción: Atiende las solicitudes de platillos de los empleados. 	Pedidos
CP1-11	Registro de compra	<ul style="list-style-type: none"> Fecha de compra: 16/02/2022 Número de factura: 18 Nombre del proveedor: Iván Fernando Bautista Persona que recibe: Laura Nombre de materia prima: Camarones Cantidad: 10 Costo unitario: \$100.00 Costo total: \$1500.00 Total compra: \$1500.00 	Compras

Durante esta fase se construyeron los casos de prueba diseñados anteriormente, utilizando la plantilla de caso de prueba propuesta por la norma ISO/IEC/IEEE 29119. Cabe mencionar que para realizar el proceso de pruebas se utilizó el documento de la Especificación de Requerimientos de Software (ERS) que indica las características que debe tener y cumplir el software, donde se describe la acción y funcionamiento de cada incremento. En cada caso de prueba se agrega la descripción de lo que se validará, los prerequisites de cada proceso, los pasos del caso para realizar la prueba, las entradas, la lista de resultados esperados y un espacio para registrar el resultado obtenido durante su ejecución. En la tabla 6, se muestra como ejemplo el caso de prueba CP1-01 Registro de puestos de empleados.



Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Tabla 6 - Ejemplo de caso de Prueba. CP1-01 Registro de puestos de empleados

Información general	
Identificador de caso de prueba:	CP1-01
Nombre de caso de prueba:	Registro de puestos de empleados
Responsable:	Blanca Lilia Cruz Salas
Colaborador:	Carlos Leonardo Cerecedo Cruz
Fecha de creación:	10/02/2022
No. Ciclo:	01
Prueba aprobada:	
Descripción:	Validar si el registro de los puestos de los empleados se guarda correctamente en la tabla "Puestos" de la base de datos "casino" al agregar los datos correspondientes.
Prerrequisitos	Sin prerrequisitos.
Pasos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al Sistema Integral Club Petrolero iniciando sesión con la cuenta del administrador. 2. Dentro de la barra de menús de la pantalla principal identificar el menú desplegable de nombre "Personal" y seleccionar puestos. 3. Dar clic en el botón "Crear nuevo puesto" para agregar un nuevo puesto. 4. Capturar los datos solicitados por el formulario con los datos de entrada. 5. Dar clic en el botón guardar para registrar el nuevo puesto de empleados.
Entrada:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificador del puesto: 4 2. Nombre del puesto: Mesero 3. Descripción: Atiende las solicitudes de platillos de los empleados.
Resultado esperado:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema otorgará la ayuda necesaria en caso de capturar erróneamente un dato. 2. El sistema indicará los campos que son obligatorios. 3. El sistema validará los datos ingresados. 4. El sistema mostrará mensajes de confirmación 5. Durante la ejecución del proceso se logrará optimizar los tiempos y que al final el registro quede guardado en la tabla "Puestos" dentro de la base de datos. 6. El sistema mostrará el registro en el submenú "Puestos", ubicado dentro del menú desplegable llamado "Personal".
Resultado obtenido:	

Fase 4. Ejecución de las pruebas

Se realiza el testeado de los módulos de pedidos y compras de acuerdo con los casos de prueba elaborados en la fase anterior, clasificándose en errores físicos y lógicos los cuales se recogieron de los registros de bitácoras de hallazgos y los bugs tracker levantados para cada requerimiento. Los errores lógicos causan mayor impacto en el cumplimiento de los factores de calidad como es la completitud funcional afectando el cumplimiento de los requerimientos funcionales; y sobre el factor confiabilidad ya que todo sistema debe estar exento de errores u ofrecer capacidad de recuperación de estos. Los errores físicos causan mayor impacto en el factor de calidad de la usabilidad, ya que se relacionan con la apariencia de interfaz, la disposición de opciones claras y necesarias para operar el sistema, mensajes de ayuda y alerta.

A continuación, en la tabla 7 se muestra de manera totalizada los resultados obtenidos durante la ejecución de cada caso de prueba, en la que se muestra su código y nombre, el total de errores físicos y lógicos encontrados en cada uno y la descripción de los errores tanto físicos como lógicos, ordenados en relación con el grado de importancia indicado por medio de una numeración, en donde el número 1 es de mayor importancia y así consecutivamente para que el programador conozca que errores deben atenderse de manera prioritaria.

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

Tabla 7 - Resultados obtenidos en la Ejecución de Casos de Prueba en Modulo pedidos y Compras

Caso de prueba	Hallazgos		Tipos de errores en relación al grado de importancia
	Errores Lógicos	Errores Físicos	
Módulo de pedidos			
CP1-01 Registro de puestos de empleados	1	2	Lógicos: 1) El sistema no valido el tipo dato en la entrada de los campos nombre del puesto y descripción. Físicos: 2) El sistema no cuenta con un botón que permita regresar al formulario anterior del registro de puestos. 3) El sistema no muestra mensajes de confirmación.
CP1-02 Registro de empleados	1	4	Lógicos: 1) El sistema no valido el tipo dato en la entrada de los campos del formulario de registro. Físicos: 2) El tamaño de los campos no está bien definido. 3) El sistema no cuenta con un botón que permita regresar al formulario anterior del registro de puestos. 4) El sistema no muestra mensajes de confirmación. 5) El sistema no muestra mensajes de ayuda en el formulario de registro de empleados.
CP1-03 Registro de áreas administrativas	0	2	Físicos: 1) El sistema no guardar el registro en la tabla área administrativa. 2) El sistema no muestra campo de nombre descripción.
CP1-04 Registro de estatus de pedido	1	3	Lógicos: 1) El sistema no valido el tipo dato en la entrada de los campos del formulario de registro. Físicos: 2) El tamaño de los campos no está bien definido. 3) El sistema no cuenta con un botón que permita regresar al formulario anterior del registro de puestos. 4) El sistema no muestra mensajes de confirmación.
CP1-05 Registro de proveedores	1	4	Lógicos: 1) El sistema no valido el tipo dato en la entrada de los campos del formulario de registro. Físicos: 2) El tamaño de los campos no está bien definido. 3) El sistema no cuenta con un botón que permita regresar al formulario anterior del registro de puestos. 4) El sistema no muestra mensajes de confirmación.

Caso de prueba	Hallazgos		Tipos de errores en relación al grado de importancia
	Errores Lógicos	Errores Físicos	
Módulo de pedidos			
CP1-06 Levantamiento de pedido	0	0	Ninguno
CP1-07 Editar detalle del pedido.	0	0	Ninguno
CP1-08 Autorización de pedido	0	0	Opciones de mejora: 1) Se recomienda imprimir el pedido en formato PDF.
CP1-09 Rechazar el pedido	0	0	Ninguno
Módulo de compras			
CP1-10 Surtimento del pedido	0	0	Opciones de mejora: 1) Se recomienda imprimir la compra en formato PDF.
CP1-11 Registro de compra	0	0	Ninguno

Fase 5. Evaluación de pruebas

Se evaluaron los resultados obtenidos de cada prueba funcional mostrados en la tabla anterior, para determinar si era aprobado o rechazado en base a los criterios de finalización de pruebas propuesto por el estándar ISO/IEC/IEEE 29119, para posteriormente comparar los resultados obtenidos con las métricas definidas y plantear si es posible continuar con el siguiente ciclo de pruebas que, para este caso, son las pruebas de aceptación. En la tabla 8 se puede observar la escala de errores aplicada de acuerdo al impacto y los criterios de evaluación que se utilizaron en cada ciclo de ejecución de pruebas de función establecidas por la norma ya referenciada.

Tabla 8 - Clasificación de Impactos, Prioridades y Criterio de evaluación de acuerdo a la norma ISO/IEC/IEEE 29119

Impacto	Descripción
Errores graves	La aplicación no funcionará o el sistema falla.
Errores medios	Varios problemas, pero con posibles soluciones.
Errores leves	No impacta en la funcionabilidad o usabilidad de los procesos del sistema.
Prioridad	Descripción
Inmediata	El error debe ser corregido lo antes posible.
Demorada	El sistema es inestable pero el error debe solucionarse antes del siguiente nivel de prueba o incremento.
Diferida	El hallazgo se puede dejar si es necesario debido al tiempo o al costo.
Criterio	Descripción
Aprobado	El Proyecto es aceptado cuando está exento de errores graves o medios. Lo que significa es que si el sistema presenta errores leves podrá ser aprobado.
Rechazado para revisión	Cuando una de las características principales contenga un error grave o medio que impida probar áreas críticas del sistema.
Rechazado	Cuando la solución no cumpla con las funcionalidades definidas en el documento de Especificación de Requisitos del Proyecto.



Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

En la tabla 9 se muestra de manera totalizada y comparativa los criterios de finalización de las pruebas, evaluadas a partir de los errores presentados durante la ejecución de cada caso de prueba como graves, medios y leves en la primera y segunda evaluación. Los errores graves son aquellos que causan mayor impacto en el funcionamiento del sistema y éstos son relacionados con los errores lógicos; los errores medios son aquellos que se presentan durante el testeo, pero no causan un impacto mayor o son de fácil solución y son asociados a los errores físicos; y por último los errores leves se relacionan a los que no impactan en la funcionalidad ni en la usabilidad.

En la tabla se aprecia en amarillo el número de errores encontrados durante la 1ª evaluación para el módulo de pedidos y compras. Para pedidos de los 11 casos de prueba, se encontraron 6 errores graves, 13 errores medios y 1 error leve; para compras 0 errores graves, 0 errores medios y 1 error leve. Con base en lo anterior, 5 de 9 casos de prueba del módulo de pedidos presentaban errores graves y medios, por lo que fueron rechazados para ser atendidos y asegurar el cumplimiento de los requerimientos del software y el módulo de compras no presentó errores graves ni medios solo uno leve por lo que fueron todos aceptados.

Una vez que los errores fueron atendidos, solo bastó un re-test (Re-evaluación) para confirmar que los hallazgos encontrados durante la fase 4 se solucionaron de manera exitosa y se garantizó que los errores corregidos no hubieran desencadenado otro tipo de errores. En la tabla también se muestran resaltados en rosa los resultados de la segunda evaluación, en donde se aprecia que solo 2 errores graves y 4 errores medios no fueron atendidos debido a los tiempos asignados al plan de pruebas, los cuales fueron atendidos en el siguiente plan de pruebas sin ningún problema.

Tabla 9 - Primera y segunda evaluación de pruebas realizadas en Modulo de Pedidos y Compras

Casos de prueba	Errores presentados						Criterio de finalización			
	Errores graves		Errores medios		Errores leves		Total de rechazadas para revisión		Total de aprobadas	
	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a	1a	2a
Módulo de pedidos										
CP1-01 al CP1-09	6	2	13	4	1	0	5	4	4	5
Módulo de compras										
CP1-10 al CP1-11	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2
Totales	6	2	13	4	2	0	5	4	6	7

Primera prueba Segunda prueba

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Análisis comparativo de errores encontrados durante las pruebas de funcionalidad (primera y segunda evaluación) en el módulo pedidos y compras.

En la Figura 1 se muestra la comparativa de los resultados obtenidos del incremento de pedidos y de compras respectivamente, respecto a los errores encontrados durante la aplicación del plan de pruebas en la primera y segunda revisión, en donde se puede apreciar una diferencia considerable entre la 1ª y 2ª evaluación.



Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

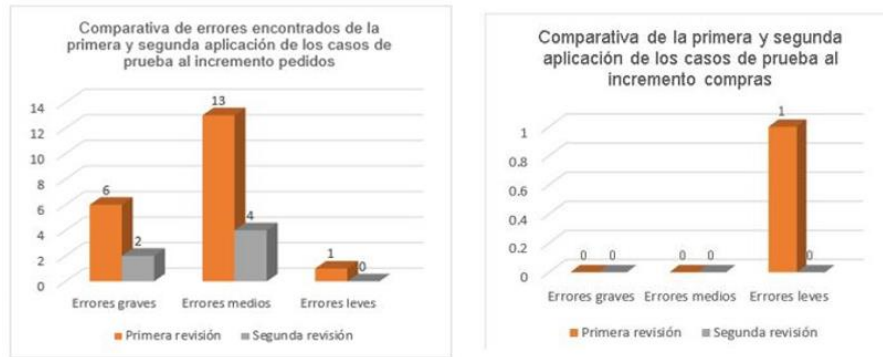


Figura 1 – Comparativa de la 1ª y 2ª aplicación de los casos de prueba al incremento pedidos y compras

En la figura 2 se muestra que en el módulo de pedidos se atendió el 70% de errores presentados que equivale a 14, el 30% faltante equivale a 6 errores no atendidos, lo anterior muestra que los resultados fueron favorables. En el módulo de compras solo se presentó un error y se atendió el 100% de errores presentados demostrando un resultado excelente.



Figura 2 – Comparativa de errores atendidos y no atendidos en los módulos de pedidos y compras

Por lo que se puede concluir que la estrategia de evaluación fue la adecuada ya que, con las gráficas mostradas anteriormente, se ve reflejado en mayor porcentaje el número de errores atendidos en la segunda evaluación. Lo anterior muestra que los resultados fueron favorables y se pudieron atender haciendo uso del formato de gestión de errores elaborado bajo la norma ISO/IEC/IEEE 29119, que permitió identificar los errores de manera clasificada y detallada.

Una vez que el sistema se encontró exento de errores y fue liberado se concluyó con el proceso de evaluación que propone la norma ISO/IEC/IEEE 29119, procediendo a realizar la instalación de los módulos en los equipos de cómputo del área administrativa de la empresa para continuar con la Prueba de aceptación de acuerdo con la norma de calidad ISO/IEC 25010.

Análisis de niveles de aceptación de funcionalidad de requerimientos aplicada a los usuarios

Los resultados de la evaluación de aceptación permitieron dar respuesta a la variable dependiente de la hipótesis, la cual se refiere al grado de Completitud funcional. En la encuesta de validación del cumplimiento de requerimientos del cliente (Prueba de aceptación) se utilizó la escala de Likert: 1 Muy en desacuerdo, 2 En desacuerdo, 3 No estoy de acuerdo, 4 De acuerdo y 5 Muy de acuerdo. Cabe mencionar que las calificaciones De acuerdo y Muy de acuerdo son consideradas como un

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

resultado 100% favorable para su aceptación. Los resultados obtenidos en las encuestas se muestran en la Figura 3 Encuesta a la secretaria y Figura 4 Encuesta a la cajera.

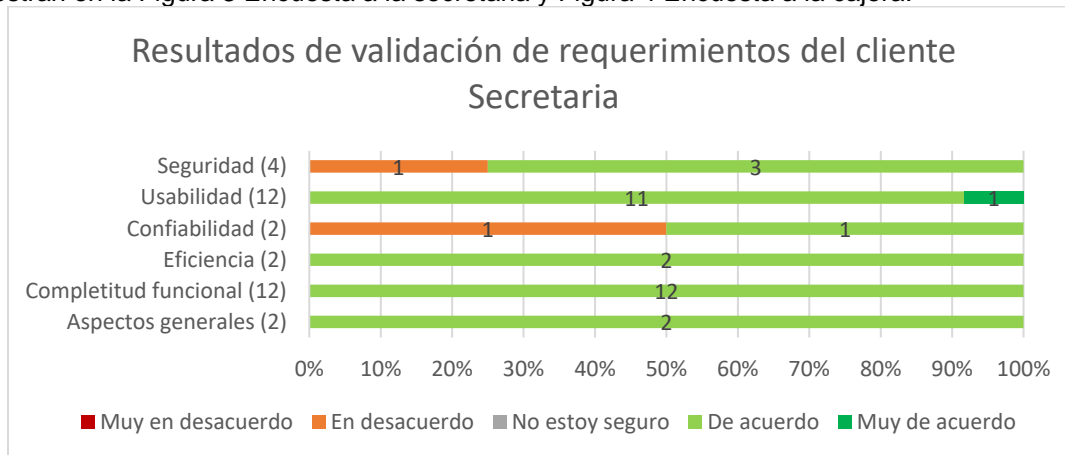


Figura 3 - Resultados de las pruebas de aceptación realizadas a la secretaria.

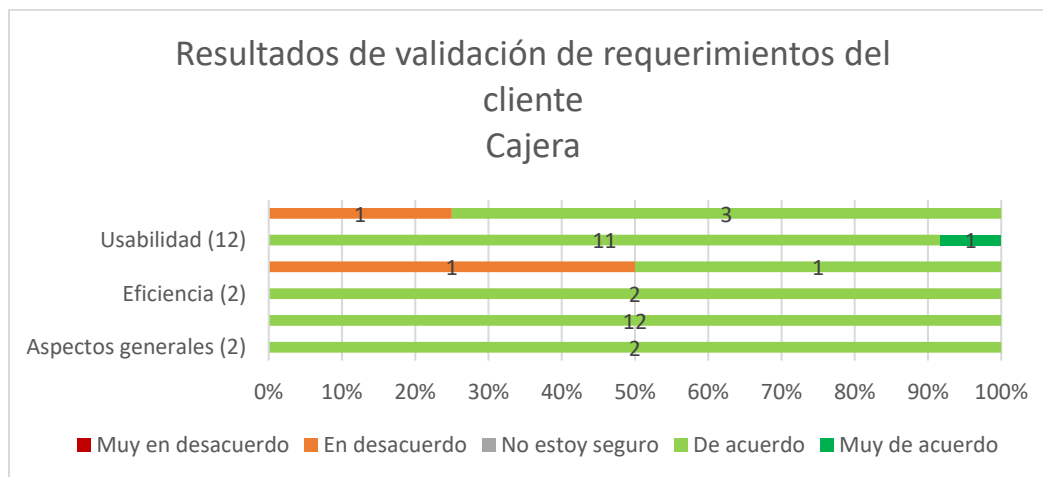


Figura 4 - Resultados de las pruebas de aceptación realizadas a la Cajera.

CONCLUSIONES

La investigación permitió realizar un análisis del estándar ISO/IEC/IEEE 29119, una norma completa que define los procesos que se deben llevar a cabo y las actividades a realizar durante el desarrollo de pruebas, dicho esto se concluyó establecer el estándar como propuesta para la Metodología ágil híbrida en experimentación MDXP (Versión Beta), la cual no tenía definidos los procesos para verificar el cumplimiento de los requerimientos funcionales. Aplicando el marco metodológico desarrollado en base a las buenas prácticas del estándar se obtuvo un plan de pruebas que permitirá validar el cumplimiento de los requerimientos funcionales del cliente, manteniendo o incrementando la calidad del software y la satisfacción del mismo. Así mismo, empleando pruebas de aceptación siguiendo las características de calidad planteadas por el estándar de calidad ISO/IEC 25010 ayudó a validar ante el cliente el cumplimiento de requerimientos funcionales adoptando las características de calidad a la hora de su evaluación, comprendiendo aspectos internos y externos de: Completitud funcional, confiabilidad, usabilidad y seguridad. Aplicar técnicas basadas en estándares de calidad que permitan verificar y evaluar desde las etapas iniciales, el cumplimiento de los requerimientos

Verificación del cumplimiento de requerimientos funcionales en desarrollos ágiles basado en la norma ISO/IEC/IEEE/29119 standard

funcionales mejora los procesos de producción de software y la calidad del mismo, garantizando la satisfacción del cliente.

REFERENCIAS

- Cruz Salas, B. L., Lara Gómez, M. C., Gayosso Calles, R. M. & Bermúdez Del Angel, L. M., 2020. Aplicación de Metodología Ágil Híbrida MDXP en el desarrollo del Front End de Business Mad Ver. 1.0. *Multidisciplinas de la ingeniería. Universidad Autónoma de Nuevo León*, Volumen 12, pp. 153-163.
- Durand, S. W., 2017. *Análisis y requerimientos de software*. [En línea]
Available at:
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4281/1/DO_FIN_103_MAI_UC0939_2018.pdf
- Estévez, J. R., 2020. *La ingeniería de requisitos en el desarrollo de aplicaciones informáticas*. [En línea]
Available at: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinmed/cim-2020/cim2021.pdf>
- Fuentes, M. d. C. G., 2019. *Fundamentos de ingeniería de software*. [En línea]
Available at: http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/Fundamentos_Ing_SW-VF.pdf
- Hernández, W. A. C., 2019. *Elaboración de un marco de trabajo para pruebas de software, basado en el estándar ISO/IEC/IEEE 29119*. [En línea]
Available at:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9758/2/PG%20738%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- IEEE-SA, 1998. *IEEE 830*. [En línea]
Available at: [alaska.edu: http://www.math.uaa.alaska.edu/~afkjm/cs401/IEEE830.pdf](http://www.math.uaa.alaska.edu/~afkjm/cs401/IEEE830.pdf)
[Último acceso: 6 enero 2022].
- ISO/IEC, 2016. [En línea]
Available at: <https://www.iso.org/standard/62821.html>
[Último acceso: 2022].
- Mediero, D. J., 2015. *Gestión de la calidad en los Requisitos*. [En línea]
Available at: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25794/PFC_David_Jimenez_Mediero.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Montes, M. L. R., 2015. *Proceso de pruebas para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software*. [En línea]
Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v24n39/v24n39a06.pdf>
- Pressman, R., 2010. *Ingeniería del software. Un enfoque práctico, séptima edición*. Mexico: Mc Graw Hill, Educación.
- Sommerville, I., 2016. *Software Engineering*. [En línea]
Available at:
https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1177979/mod_resource/content/1/Sommerville-Software-Engineering-10ed.pdf