

## Automatización de equipo y ahorro de energía en planta de Motores

### Automation of equipment and energy savings in Motors plant

PÉREZ-ORTEGA, Eva Claudia\*†, CHAVIRA-ÁLVAREZ, Alberto, ESPARZA-DELGADO, María Del Carmen y VALLES-NOROÑA, Alejandro

*Universidad Tecnológica de Chihuahua. Av. Montes Americanos 9501, Sector 35, Chihuahua, Chih*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Eva Claudia, Pérez-Ortega* / ORC ID: 0000-0002-4739-9237, Researcher ID Thomson: S-6728-2018, CVU CONACYT ID: 388994

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Alberto, Chavira-Álvarez* / ORC ID: 0000-0002-2705-6851, Researcher ID Thomson: S-7881-2018, CVU CONACYT ID: 388994

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *María Del Carmen, Esparza-Delgado* / ORC ID: 0000-0001-8276-6031, Researcher ID Thomson: S-7823-2018, CVU CONACYT ID: 520791

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Alejandro, Valles-Noroña* / ORC ID: 0000-0003-0132-1191, Researcher ID Thomson: S-8498-2018, CVU CONACYT ID: 947541

Recibido 03 de Enero, 2018; Aceptado 02 de Marzo, 2018

#### Resumen

Los enormes avances en la industria moderna requieren de automatización industrial, sobre todo en el área relacionada con tiempos y ahorro de energía. El proyecto "Automatización de equipo y ahorro de energía en la Planta de Motores" esta enfocado a la automatización de equipos cuyo objetivo es el eliminar las actividades llevadas a cabo por el personal de la empresa en el actual sistema, haciendo uso de los equipos existentes por medio de la tecnología se eliminan los esfuerzos físicos empleados para llevar estas tareas. Logrando además tener una mejora al cubrir puntos en los cuales se tiene un ahorro en cuanto a energía y refacciones utilizadas por reparaciones. Se da solución a la problemática del encendido y apagado de maquinaria en el área de motores a través de una aplicación combinada con un controlador lógico programable. Los resultados reflejan una reducción en el tiempo en que la maquinaria de las líneas de producción de motoren se encuentra encendida lo cual se ve reflejado en un ahorro de energía.

#### Automatización, Programación, PLC, Ahorro

#### Abstract

The enormous advances in modern industry require industrial automation, especially in the area related to time and energy savings. The project "Automation of equipment and energy saving in the Motors Plant" is aimed at the automation of equipment whose objective is to eliminate the activities carried out by the company's personnel in the current system, making use of the existing equipment. by means of technology, the first drawings used to carry out these tasks are eliminated. Achieving also has an improvement by covering points where there is a saving in energy and spare parts used for repairs. The problem of switching on and off the machinery in the engine area is solved through an application combined with a programmable logic controller. The results refer to a reduction in the time in which the machinery of the Motoren production lines is on, which is reflected in an energy saving.

#### Automation, Programming, PLC, Saving

**Citación:** PÉREZ-ORTEGA, Eva Claudia, CHAVIRA-ÁLVAREZ, Alberto, ESPARZA-DELGADO, María Del Carmen y VALLES-NOROÑA, Alejandro. Automatización de equipo y ahorro de energía en planta de Motores. Revista del Diseño Innovativo. 2018, 2-2: 27-37

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: evaperez@utch.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Cada día una de las principales preocupaciones es reducir al máximo el uso de energía en las labores que se realizan tanto en los hogares como en las industrias.

El proyecto que se realiza se basa fundamentalmente en eficientizar las actividades realizadas en la planta de motores de combustión interna en el área de ensamble.

Mediante la implementación de un sistema se busca mejorar al tener equipos automáticos, los cuales puedan apagarse a horas determinadas por sí mismos cuando la línea de producción no se encuentre trabajando eliminando el tiempo invertido para realización de esta actividad, además de automatizar y hacer más robusto y eficiente el proceso y reducir el consumo de energía ya que por el momento dicha actividad es realizada por personal técnico de la línea. La justificación del proyecto permite conocer los beneficios, así como el control del proceso a través de la programación, el objetivo principal es el ahorro energético.

Se realiza la recolección de la información para cumplir con el requerimiento de la empresa de donde se parte del cronograma de actividades y la metodología. Se utiliza la metodología cascada para la realización del proyecto, se realiza el análisis y desarrollo del sistema a través de las diferentes herramientas y lenguajes de programación, así como de los controladores lógicos programables. Se presentan los resultados en base a tiempos de encendido de la maquinaria y el ahorro de energía.

## Justificación

Actualmente el uso de las tecnologías en cualquier empresa industrial es algo necesario debido a la gran demanda que estas tienen sobre sus productos, el programar sus procesos permite tener una mejor administración sobre ellos además de tener una manera más eficaz de llevar las operaciones que se realizan a diario con el monitores por medio de aplicaciones páginas web lo cual les proporciona ser más competentes en el mercado, permitiendo así estar en constante competitividad.

Debido a esto hoy se usan sistemas donde se resguarda la información como lo son las bases de datos a las cuales se puede tener acceso con facilidad por medio de una interfaz amigable al usuario esto con el fin de obtener información almacenada, realizar análisis y detectar deficiencias y solventarlas mediante la mejora continua.

Los procesos automatizados proporcionan a los usuarios un mejor control sobre ellos y una mejor administración del tiempo.

Se permite un control de las maquinas por medio de la programación y además él envió de información, esto que ayudará al personal a incrementar la productividad basado en estadísticos generados en una página web usando el recurso existente dentro de la empresa sin la necesidad de tener un gasto mayor alguno solo haciendo uso del conocimiento adquirido para aplicarlo a las tecnologías.

## Problema

La falta de personal de soporte en el departamento hace que el proceso sea más complejo de realizar, ya que se cuenta con una cantidad de equipo considerable a lo en la línea de producción y es complicado atender de manera eficiente en su totalidad.

El tiempo destinado para los horarios de encendido y apagado de los equipos, las fallas constantes que se presentan al arranque y en trascurso del turno, los detalles de calidad y surtido de material son factores que influyen en el inicio de producción de manera oportuna.

Las fallas presentadas por el deterioro de componentes de las maquinas por prolongados tiempos de actividad en tiempos no productivos además tiempos de reparación invertidos en estas fallas.

## Objetivos

### Objetivo General

Automatizar los procesos de producción de motores del área de controles de la planta de motores en tiempos requeridos a través de la programación de equipos y representación lógica de control de sistemas industriales.

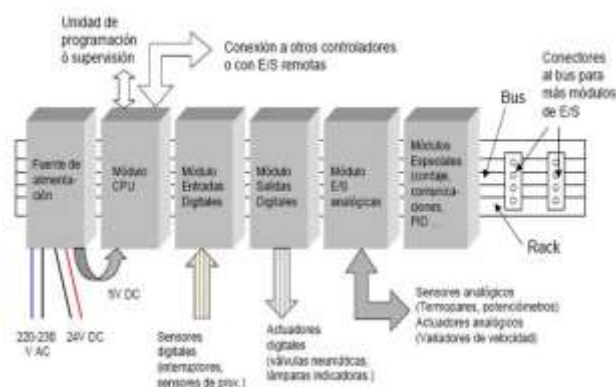
### Objetivos Específicos

- Programar los equipos con lo cual se puede ahorrar, mejorar tiempos y además facilitar al personal encargado del proceso el tener un mejor control sobre el mismo.
- Realizar un sistema el cual envíe información a una página para dar a conocer el estado de operación de las los equipos.
- Guardar información de estado de las maquinas en una base de datos.

### Marco Teórico

#### Metodología de la Investigación

El controlador Lógico Programable (PLC) también llamado Automáta programable industrial (API) es un equipo electrónico, basado en un procesador que utiliza una memoria programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.



**Figura 1** Estructura de un autómata Programable

Fuente. Rojas, C. D. Publicada en *Automatización industrial mediante PLC's*.

<https://davidrojasticsplc.wordpress.com/2009/01/14/arquitectura-y-apariencia-externa/>

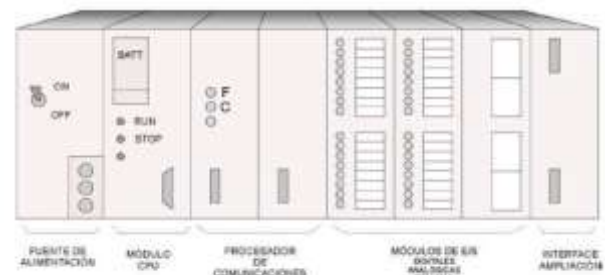
### Ventajas de los PLC's

- Reducción del costo de mano de obra, al automatizar las tareas, el ser humano comienza a volverse un elemento prescindible
- Instalación bastante sencilla, ocupa poco espacio y posibilita el manejo de múltiples equipo de manera simultánea gracias a la automatización.

- Mejor monitoreo de los procesos, permite oportuna detección de fallos
- Ahorro en costos adicionales como: operación, mantenimiento e incluso energía.

### Desventajas de los PLC's

- El personal debe estar calificado para mejor manejo de los dispositivos
- Cuidado en los detalles, tanto en operación como en el código de programación.



**Figura 2** Estructura externa del Autómata programable

Fuente. Rojas, C. D. Publicada en: *Automatización industrial mediante PLC's*.

<https://davidrojasticsplc.wordpress.com/2009/01/14/arquitectura-y-apariencia-externa/>

### La norma IEC 1131

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los Controladores Programables.

El estándar IEC 1131-3 define:

- Lenguajes Gráficos
  - Diagrama Ladder (LD)
  - Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)
- Lenguajes Textuales
  - Lista de Instrucciones (IL)
  - Texto Estructurado (ST)

Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control.

Los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

El estándar IEC 1131-C incluye una forma orientada a objetos llamada Sequential Function Chart (SFC).

### Diagrama tipo escalera

Fue uno de los primeros lenguajes para programar PLC's también llamado Ladder Logic.

Se trata de una conexión gráfica entre variables de tipo Booleano, comparable a los antiguos controladores de tipo relé, donde se representa el flujo de energía en diagramas de circuitos eléctricos.

### Lista de instrucciones

Es similar a un lenguaje ensamblador. Está mucho más utilizado en Europa y se trata de un tipo conveniente para programas de poca extensión. Una de las principales características es que todos los operadores trabajan con un registro especial, denominado acumulador (LD, ST).

### Diagrama funcionales secuenciales (Sequential Function Chart SFC)

Método gráfico de modelado y descripción de sistemas de automatismos secuenciales, en los que el estado que adquiere el sistema ante el cambio de una entrada depende de los estados anteriores.

Programa estructurado cuyos elementos básicos son las etapas, las acciones y las transiciones. De este modo, una secuencia en SFC se compone de una serie de etapas representadas por cajas rectangulares y que se encuentran conectadas entre sí por líneas verticales.

Elementos soportados del estándar SFC:

- Etapa
- Transición
- Acción
- Divergencia
- Convergencia
- Divergencia simultanea
- Convergencia simultanea

### Diagrama de Bloques (Function Block Diagram.FBD)

Permite al usuario programar de manera mas rápida, en expresiones como en lógica booleana.

FBD proviene del campo del procesamiento de la señal y su utilización es conveniente cuando no hay ciclos pero existen, sin embargo, varias ramas en el programa a crear. Es un lenguaje de alto nivel que permite resumir funciones básicas en bloques de modo que el usuario debe preocuparse por una programación funcional de su rutina. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados.

### Análisis de la situación actual

Este proyecto es realizado debido a los tiempos muertos que se presentan en la maquinaria en arranque y termino además de horarios de descanso, de actividades realizadas de valor agregado a la línea ahorro de energía y piezas dañadas por reparaciones y el tiempo invertido en las mismas. Siendo aquí donde se presenta la oportunidad de mejora en el proceso teniendo la aprobación del ingeniero de procesos para la autorización de la modificación del equipo con el fin de eliminar el tiempo invertido a realizar las actividades de encendido de maquinaria y lo antes mencionado así mismo se hace el uso de los recursos existentes de equipo para llevar a cabo el desarrollo de esta mejora.

Cabe destacar que haciendo uso de los sistemas y equipos utilizados en el proceso se podrá lograr tener un mejor control sobre el proceso logrando hacerlo más robusto y eficiente por medio del uso del recurso ya existentes aplicando las implementaciones necesarias para lograr mejorar. En una de las operaciones donde empieza la realización de esta mejora se hace uso del equipo encontrado ya en la máquina para poder eliminar tiempos de apagado.

### Propuesta de solución

Construir una solución mediante el desarrollo de una aplicación que optimice el actual sistema de administración que se encuentra implementado en la línea de producción de motores donde es ensamblado uno de los motores más costosos de la compañía.

La implementación de un nuevo sistema que permita mejorar el proceso haciendo de este uno más eficiente mediante la automatización.

Lograr tener un mejor control de este eliminando tiempos muertos en arranques de línea y paros establecidos haciendo que el tiempo destinado para la fabricación sea utilizado al máximo.

Se determina de acuerdo a las necesidades las herramientas a utilizar para la implementación de la mejora encontrando así el requerimiento de trabajar con distintas herramientas como un programador lógico controlable el cual tendría la tarea de interactuar con las máquinas, Un lenguaje de programación dirigido por eventos encargado de llevar la comunicación del PLC en el servidor donde se encuentra la base de datos alojada, tal sistema de gestión de base de datos para el resguardo de la información y además Un lenguaje de marcado para el desarrollo de páginas web la cual en este caso se encontraría en intranet la cual obtendrá la información encontrada en la base de datos para mostrarla al usuario.

### Análisis y diseño de software

Al dar inicio al análisis se realiza un formato de entrevista inicial donde los empleados relacionados con el proceso son los que contestan las preguntas, el propósito es conocer el proceso del arranque de maquinaria y detectar las necesidades mediante la obtención de la información.

Se elabora el modelo base de datos como parte del proceso para el desarrollo de nuestra aplicación en el cual estarán almacenadas las tablas donde se guardarán los datos que se obtendrán del PLC (Controlador Lógico Programable).

La estructura de la tabla y la relación que se tendrá entre las tablas, así como los identificadores para cada campo de la base de datos se elabora por escrito para después crearla en un sistema de gestión de base de datos.

Se realiza un diseño de la página web basado en las demás páginas del sistema utilizado en la empresa cumpliendo con las normas de diseño ya implementadas. En este diseño se toman en cuenta las necesidades de la aplicación que se tienen para representar la información de una manera clara y sencilla para los usuarios.

Se hace solo la representación gráfica del cómo se mostraran los datos recabados del PLC en la aplicación de los horarios de encendido y apagado.

### Estructura de la aplicación en general

En el desarrollo de la implementación antes mencionada se estarán utilizando distintas herramientas de programación como Logix Pro, Visual Basic, gestor de bases de datos y HTML las cuales realizarán la interacción unas con otras para el manejo de la información obtenida. Esta información será tomada de un programador lógico controlable el cual será codificado para realizar las acciones de encendido y apagado de las máquinas de manera requerida por las necesidades del solicitante este generará registros los cuales serán enviados por TCP/IP.

Una vez que estas acciones hayan sido realizadas al mismo tiempo se estará generando información la cual se almacenará en un servidor de la empresa donde se encuentra una implementación de código desarrollada en Visual Basic la cual tiene como tarea recolectar los datos emitidos por el PLC para después almacenarlos en un sistema de gestión de base de datos y de ahí ser mostrados en una página de la empresa.

### Creación de la Base de datos

Se crea la base de datos estructurada en uno de los servidores de la empresa, donde se almacenarán los registros obtenidos del PLC.

Los PLC permiten la conexión a internet, lo cual permite una monitorización del funcionamiento desde una computadora en cualquier lugar.

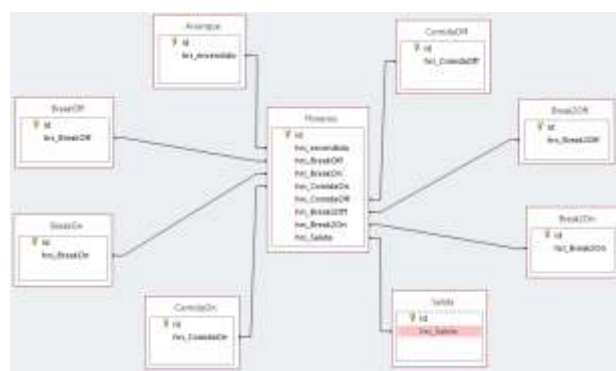


Tabla 1 Relación de tablas

### Codificación Unity Pro

Se realiza la codificación del programa en el PLC mismo con el cual están programadas las automatizaciones para realizar sus funciones. Utilizando el software de programación usado en la planta el proyecto realizado se enfoca a la sección de control del voltaje misma que es manejada con controles manuales externos tales como relevadores contactares y botones de pulso.

Se trabaja con el PLC fuera de línea con un proyecto de respaldo bajado del servidor para evitar parar la maquina la cual se encuentra trabajando con el programa cargado en el PLC.

En el programa utilizamos la barra de herramientas seleccionando en el structural view lo que es el step Coveyor:conveyorIN en el cual se encuentran la bobina que activa la señal interna en el PLC pulsando desde un botón ubicado en el panel de la maquina en esta sección del programa se encuentran los pitch nombre que se le da al seccionamiento del conveyor.

En esta sección del programa se agregan lo que son comparadores, los cuales se encargan de guardar un valor el cual es dado manualmente dado el valor configurado realiza la función como su nombre lo dice hacer la comparación del valor que tiene con respecto a otro valor el cual pudiese encontrarse dentro del mismo diagrama de escalera.

En este caso se trabaja con valores como lo es la hora del programa el comprador hace la verificación y al momento de cumplirse la hora se activa mandando una señal (pulso) el cual activara una bobina que se encuentra después de un contacto NO asignado la dirección de ENABLEOF PANEL dentro del programa del PLC.

Se agregan varios comparadores representando horarios requeridos para cubrir las necesidades encontradas en el análisis logrando así el objetivo requerido.

Una vez configurado el apagado automático se realiza la codificación para el encendido haciendo uso de los comparadores nuevamente dentro del mismo step ubicado en el structural view en la bobina que se encuentra destinada para control manual externo botón de encendido de máquina.

En el step Coveyor: conveyorIN se trabaja en distintas líneas del diagrama de escalera 284 para sección de apagado y 2 para ControlVoltageSwitchOn.

### Codificación en el lenguaje de programación

En la implementación del proyecto se utiliza visual Basic. En este lenguaje de programación desarrollamos un software el cual nos ayudara a guardar los datos enviados por le PLC en un sistema de gestión de base de datos. Tales datos como registros de hora de encendido y apagado de las automatizaciones.

La transmisión de datos entre el PLC y servidor en el cual se encuentra alojada la base de datos es por medio de TCP/IP siendo una de las opciones dadas para realizar el trabajo además de ser el único medio más usado en otras aplicaciones diferentes más en la empresa. Se declaran objetos de tipo socket los cuales recibirán los datos, haciendo una instanciación del socket para aceptar la conexión del TCP/IP dado que es implementado para las conexiones del PLC.

Se declara una variable tipo byte donde se almacena la información recibida por el socket de una dimensión de 255 caracteres variable vDatos 255 de tipo byte.

Características	Sistemas cableados		Sistemas programables	
	De riles	Lógica a medida	PLC	
Tamaño	Alto	Bajo	Bajo	
Consumo	Alto	Bajo	Bajo	
Velocidad de respuesta	Baja	Baja	Baja	
Interconexión con otros procesos	Difícil	Difícil	Fácil	
Desgaste	Alto	Bajo	Bajo	
Robustez	Alta	Baja	Media	
Ampliación (escalabilidad)	Difícil	Muy difícil	Fácil	
Flexibilidad	Baja	Nula	Alta	
Costo por variables interna	Alto	Medio	Bajo	
Costos para E/S >15				
Pequeñas series	Alto	Medio	Bajo	
Grandes series	Alto	Bajo	Medio	
Especialización del personal de mantenimiento	Baja	Alta	Media	
Herramientas de diagnóstico de fallas	Nula	Baja	Alta	
Modificaciones sin parar el proceso (en línea)	Nula	Nula	Alta	
Cantidad de mano de obra para la implementación de un proyecto	Alta	Medio	Baja	
Hardware estándar para diferentes aplicaciones	Nula	Nula	Alta	
Repuestos en el mercado	Altos	Nulos	Medios	
Funciones	Lógica combinatorial	Si	Si	Si
	Lógica secuencial	Limitada	Si	Si
	Instrucciones aritméticas	No	Si	Si
	Lazos de control PID	No	Si	Si
	Textos y gráficos	No	Si	Si
	Protocolos de comunicación estándar	No	Si	Si
	Toma de decisiones	Bajo nivel	Si	Si
	Lenguaje de programación estándar	No	No	Si

**Tabla 2** Comparación de un sistemas programables y un sistemas de cableado

*Nota. Fuente: Daneri, P. A. (2008). Plc: automatización y control industrial. <http://ebookcentral.proquest.com>*

## Codificación HTML, CSS

Las Hojas de estilo en cascada (o CSS, siglas en inglés de Cascading Stylesheets) es un lenguaje de diseño gráfico para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en un lenguaje de marcado.

Es muy usado para establecer el diseño visual de los documentos web, e interfaces de usuario escritas en HTML o XHTML; el lenguaje puede ser aplicado a cualquier documento XML, incluyendo XHTML, SVG, XUL, RSS.

Se realiza código HTML en su versión 3.0 en el programa sublime, al igual que el código de estilos (CSS). El programa se codifica desde cero, se crea un archivo HTML agregando un link a la hoja de estilos css.

Siguiendo una estructura en la sección del header se agrega el nombre de página creada con un pequeño logo del sistema de la empresa centrado a la página. El apartado nav se utiliza como información general de la página creada donde se explica de una manera sencilla y breve sobre funcionamiento del sistema. Apartado a side se agregan etiquetas para nombres de las máquinas y horarios de arranque y encendido apartado sección se agregan las etiquetas para el acceso a la base de datos y en la última sección footer se agrega información de la general de la empresa.

En la hoja de estilos css se dan las reglas que afectaran a la apariencia del documento. Estas se refieren a como aparecerá en pantalla la página modificando las propiedades de color, el fondo, tipo de fuente, tamaño de fuente, apariencia de bordes, márgenes, alineación y espacios.

## Realizar pruebas del sistema

Se realizan pruebas al software para corroborar el buen funcionamiento y posibles fallas existentes. Se comienza con las pruebas del PLC en campo donde se modifican los valores de los comparadores con distintas horas en las cuales se hace la verificación de la lógica se encuentre bien estructurada y cumpla con los objetivos de apagar y encender la maquina a distintos horarios, se continua con la verificación de información a la base de datos realizando consultas en las diferentes tablas en las que se recolectan los datos emitidos por el PLC sean correctos y al final se hace una verificación de la página la cual debe de mostrar los valores almacenados en las tablas de la base de datos.

### Corrección de errores

Durante las pruebas en campo se presenta un error en el sistema el cual afecta al control de las horas este es originado por la computadora de la máquina. Este problema causa que no haya un correcto control del apagado en horarios establecidos.

Al apagarse la maquina por completo debido a la falta de energía en la misma provocada por los cortes de energía los cuales provenían de cambios en las subestaciones o modificaciones de equipos presentados en la planta se perdía la hora correcta del sistema por lo que la computadora cambiaba constantemente de hora. Hora que el PLC tomaba para ejecutar las acciones. Se encontró la causa a raíz un deterioro en la pila del BIOS debido a que este problema solo se presentaba cuando se desenergizaba por completo el sistema.

Se realiza el pedido por parte del sistema de compras de la empresa por una pila de 3v la cual se reemplaza corrigiendo las fallas presentadas en el sistema antes mencionadas

### Presentación de los resultados

Una vez terminado el proyecto se realiza la presentación de los resultados en la línea de producción del sistema desarrollado a través de las diferentes herramientas y lenguajes de programación, así la automatización con controladores lógicos programables.

### Resultados

Una vez dada la implementación del sistema desarrollado se presenta un aumento notorio en la eficiencia del proceso al eliminar el tiempo invertido para las maquinas en el apagado y el encendido de las mismas.

EL arranque de línea en horarios de entrada, break y comida se realiza en tiempo lo que beneficia directamente a la producción al tener el tiempo necesario destinado para el ensamblado de los motores mismo que los operadores perdían por no tener el personal necesario el cual se encargara de arrancar las maquina a tiempo.

Además de lograr obtener una reducción en el consumo de energía al lograr que las maquinas solo estuvieran en funcionamiento los tiempos necesarios de producción. Lo que por consecuente también se protegen los componentes de los equipos los cuales se dañaban por descuidos al dejarlos encendidos durante el fin de semana tiempo que el departamento no laboraba.

Se logra obtener datos los cuales pueden ser mostrados por medio de una página web y utilizados por los usuarios como medibles de eficiencia en los procesos gracias al desarrollo en las herramientas de gestión de base de datos, visual Basic y HTML. Herramientas las cuales no se utilizó recurso económico debido a que fueron proporcionadas por la empresa.

### Resultados Cuantitativos

Se realiza el sistema de encendido y apagado de equipos el departamento de ensamble de motores en Chihuahua el cual cumple con los requisitos establecidos para el desarrollo del proyecto.

El sistema muestra información de una forma sencilla el estado de encendido y apagado de las maquinas en un sistema de producción de la planta de motores desde la página de manufactura donde se logra el informar al personal el cual desee obtener información acerca del proceso la hora en que se encienden y se apagan las máquinas.

Se logra eliminar tiempos destinados para encender y apagar máquinas para el personal encargado del departamento el cual se puede enfocar en distintas tareas a la antes mencionadas de apagar los equipos y encender o que le facilita a llevar una mejor administración al tener arranques de línea a una hora exacta y especifica logrando tener un mejor aprovechamiento en el proceso

En las siguientes imágenes se muestra como se aumentó la efectividad del proceso al eliminar los tiempos muertos perdidos por los arranques tardíos de la línea teniendo una venta de 5 motores por hora los cuales están programados como cedula. Al eliminar los tiempos de arranque automatizándolo se contribuye con el personal para lograr tener un mayor tiempo efectivo en la fabricación del motor.



El sistema establece un mejor control de los equipos generando un ahorro en energía y costos por piezas de reparaciones producidas de daños causados por prolongados tiempos en los que los equipos se encuentran encendidos aunque no se encontrara operando.

Estos equipos solo se encuentran encendidos en tiempo productivo programados de línea lo que alarga la vida de los componentes que lo conforman, como se muestra en la siguiente tabla comparativa.

### Ahorro de energía

En base a la implementación del proyecto mencionado en este documento por medio de la automatización de equipos se logra tener un ahorro de energía el cual impacta directamente en los costos destinados para este recurso utilizando dentro de la empresa obteniendo resultados benéficos en el consumo de energía. En la siguiente grafica se muestra como se encontraba el proceso en el consumo antes y después de la implementación.

El proceso en cuestión de consumo de energía antes de la implementación se mantenía en un promedio de 12 hrs. de trabajo la máquina días productivos y en fines de semana se disparaba puesto que dejaban las maquinas encendidas durante todo el fin de semana en días no productivos. Al implementar la mejora se observó que los días productivos se mantenía el mismo consumo durante los 4 días productivos y en fin de semana el consumo desaparecía en días no productivos.

Teniendo como base el comunicado de SEMARNAT Para el reporte del Registro Nacional de emisiones, tenemos lo siguiente:

Ahorro energético de 75 minutos diarios por 4 días = 300 minutos.

300 minutos entre 60 = 5 horas

Considerando que la máquina tiene una potencia de 1500 Watts,

Entonces 1500 Watts/hr entre 5 horas = 300 watts

El ahorro energético anual, sería 300 Watts \* 52 semanas, lo que da: 15600 watts

Además, considerando que algunos días se quedaban encendidos los equipos, o sea, los 3 días restantes.

Ahora, el comunicado emitido por SEMARNAT el 15 de octubre de 2015, para efecto de cálculo de emisiones indirectas por consumo de electricidad, cuando el proveedor sea Comisión Federal de Electricidad, será: 0.454 toneladas de CO<sub>2</sub> / MWh.

Lo que equivale a 454 Kg. de CO<sub>2</sub> por cada 1000 Kw/hr

Por regla de 3; 15. 6 Kw/hr equivale a 7.0824 Kg. de CO<sub>2</sub>. Este es el valor de CO<sub>2</sub> que se deja de mandar al medio ambiente.

Cuando se habla de emisiones de CO<sub>2</sub> o de la "huella de carbono" no siempre es fácil hacerse una idea de la emisión de 1 Kg de CO<sub>2</sub> en bienes tangibles.

La emisión de 1 Kg de CO<sub>2</sub> es lo que resulta de recorrer 13 km., obtener 12 porciones de arroz, 30 manzanas, 424 tazas de té o 282 horas de luz.

### Resultados Cualitativos

Dada la implementación del proyecto se han alcanzado distintos beneficios los cuales son de gran utilidad dentro de la compañía entre estos se encuentran los siguientes.

Un incremento productivo en la fabricación de motores este conseguido por el aprovechamiento total de tiempo destinado para la fabricación eliminando tiempos muertos los cuales eran provocados a los arranques tardíos de las maquinas estando de la mano de un sistema creado para el almacenamiento de información el cual es mostrada en una página del sistema de manufactura de la empresa.

Tiempo productivo del proceso diario	
Antes	Ahora
10 horas	10 horas 55 minutos

Tabla 3 Tiempos productivos

Se eliminan las tareas involucradas de la manera de realizar el proceso antes de la implantación del proyecto lo que permite a los encargados de llevar el proceso tener tiempo para realizar distintas tareas que son de impacto para el proceso.

Tiempo invertido en Arranque y paro de línea	
Antes del proyecto	Después de la implementación
Encender línea de 15 a 20 minutos en arranque 6:00 am	Se elimina
Encender la línea después de cada comida o break 5 a 10 min	Se elimina
Apagar la línea al final de las actividades 15 a 20 min	Se elimina

**Tabla 4** Tiempo invertido

El ahorro de energía se incrementa notoriamente al tener los equipos encendidos solo en los tiempos productivos necesarios. Los costos de reparaciones producidos por daños en fuentes o partes del mismo equipos se reducen lo cual es medido a largo plazo se planean los mantenimientos preventivos con un más largo tiempo debido a que las horas de trabajo en el mes son menores.

Ahorro de energía y costos de reparación	
Antes del proyecto	Después de la implementación
Máxima condición 168 horas mínima condición 96 horas	Tiempo de maquinaria encendida 43 horas con 20 minutos
Componentes dañados en un mes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 fuentes de 24 volts y</li> <li>• 6 fusibles de 480 volts</li> </ul>	No se reportan daños en un mes
Mantenimiento realizado por horas de trabajo 1 vez por mes	Se extiende a 1 vez por bimestre

**Tabla 5** Ahorro de energía y costos

El personal encargado de la administración de la línea ha aprovechado mejor su tiempo que ganan con el uso de la implementación del proyecto, esto hace que puedan invertir mejor su tiempo en otras actividades que benefician a la empresa además de tener un sistema en el cual se almacena información para la administración del mismo proceso.

Se tiene un impacto favorable en cuestión de los recursos económicos de la compañía por medio de un ahorro de energía considerable y la conservación de los equipos en buen estado durante un mayor tiempo evitando que los componentes se dañen lo que también genera un ahorro.

La efectividad del proceso se mejoró con tiempos establecidos en los arranques los cuales son benéficos tanto para el personal involucrado en la línea como para la compañía eliminando tiempos muertos

### Conclusiones

Tener un proceso automatizado el cual puede ser medido en base a métricos generados y almacenados en una base de datos para después ser mostrados al usuario cuando así lo desee con esto se logran reemplazar las actividades llevadas a cabo por el personal técnico el cual puede emplear dicho tiempo para realizar distintas tareas las cuales son necesarias para el proceso

Con la automatización se logro mejorar la productividad, disminuir los costos, eliminar las labores rutinarias al encender y apagar las maquinas.

### Recomendaciones

El desarrollo de este proyecto el cual está encargado de la administración de las maquinas en cuanto tiempo productivo. Se obtiene una aplicación la cual no requiere de algún mantenimiento extraordinario pero si es recomendable al momento de cortar por completo la energía de la máquina y volver a la reincorporación de la misma tener los horarios del sistema operativo al tiempo exacto ya que dicho sistema toma la hora de la computadora. O en su defecto si la pila de la BIOS está en buen estado no se requiere configuración alguna de lo contrario si se encuentra dañada en necesario reemplazarla. Así mismo se le sugiere al personal encargado como mantenimiento preventivo el reemplazo de las pilas dañadas por seguridad del sistema así como el de los equipos.

Además se tiene como mejora a futuro el implementar una interfaz para el usuario el cual pueda realizar el cambio los horarios sin necesidad de conectarse al mismo programa del PLC fácil de integrarse a los sistemas ya existentes. Desde un lugar donde se encuentren los controles de operación de las maquinas fácil y accesible.

## Referencias

Balcells, J., Romeral, J. L., & Martínez, J. L. R. (1997). *Autómatas programables* (Vol. 1089). Marcombo.

Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers* (Cuarta ed.). Burlington, USA: Elsevier .

Castro Calderón, D. I., Pilamonta, P., & Daniel, H. (2018). *Diseño e implementación de un sistema automatizado de encendido y apagado de luminarias en los pasillos de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT)* (Bachelor's thesis, Quito, 2018.).

Daneri, P. A. (2008). *Plc: automatización y control industrial*. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Gómez, C. T. (2005). *Introducción a la automatización autómatas programables*. Universidad de Huelva. Recuperado de: <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos, 2, 202009-10>.

Moreno, M. (2002). *Controlador Lógico Programable (PLC).Automación Micromecánica Saic, I, 84*.

Ramírez, D. M. (2011). *Controlador lógico programable basado en hardware reconfigurable*. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>

Rojas, C. D. *Automatización industrial mediante PLC's*. <https://davidrojasticsplc.wordpress.com/2009/01/14/arquitectura-y-apariencia-externa/>

Sánchez, R. D. (2009). *Controlador lógico programable, una mirada interna*. Barranquilla: Corporación Universitaria de la Costa.

Sánchez Gómez, J. I. (2013). *Desarrollo de compilador para lenguaje escalera de controladores lógicos programables para aplicaciones industriales* (Doctoral dissertation).

Vallejo, H. D., & la Web, E. (2005). *Los controladores lógicos programables*. Fuente: <http://www.todopic.com.ar/utiles/PLC.pdf>. 30 de junio del 2018, 6(07), 06.