

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

Aplicación del SMED en la estación de pruebas 0045 para fuentes de poder de una empresa manufacturera de equipos electrónicos

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

Daniel Mar Rivera

DIRECTOR:

Dr. Apolinar Zapata Reboloso



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

Aplicación del SMED en la estación de pruebas 0045 para fuentes de poder de una empresa manufacturera de equipos electrónicos

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL**

PRESENTA:

Daniel Mar Rivera

DIRECTOR:

Dr. Apolinar Zapata Reboloso

ASESORES:

MC. Claudio Alejandro Alcalá Salinas

MII. Luz Oralia Pérez Charles

H. Matamoros, Tamaulipas, México octubre del 2018



Agradecimientos

A Dios, a mi familia, mis padrinos, amigos, maestros y a todos a las personas que fueron participes en compartir un consejo, experiencia, tiempo y sobre todo sus conocimientos.

Resumen

En la ciudad de H, Matamoros, Tamaulipas se encuentra la empresa manufacturera de equipos electrónicos de México, planta tres, dedicada a la fabricación de fuentes de poder de alto voltaje para la industria médica, industrial y militar. Los principales procesos son ensambles, pruebas generales, quemados y pruebas finales.

El departamento de pruebas eléctricas de dicha empresa vio la necesidad de reducir los tiempos muertos del cambio de modelo en la estación de pruebas eléctricas 0045, esto debido a que el tiempo disponible para producir piezas ya no era el suficiente para cubrir los volúmenes requeridos por el cliente.

La tesis describe la herramienta SMED aplicada a reducir los tiempos de cambio de modelo al menor tiempo posible.

En lo personal, el desarrollo de la tesis me permitió aplicar los conocimientos adquiridos en el posgrado de Administración industrial.

Abstract

In Matamoros, Mexico, is located a manufacturing company that produces electronic equipment. In particular, plant three is dedicated to manufacture high voltage power supply equipment for medical, industrial, and military industries. The main processes are: assembly, general tests, burns and final tests.

The company's electrical testing department saw the need to reduce the downtime of the change of model of the electrical test station 0045, this because the time available to produce parts was no longer sufficient to cover the volumes required by the customer.

The thesis describes the application of the SMED tool applied to reduce the model change times to the shortest possible time.

Personally, the development of the thesis allows me to apply the knowledge acquired in the postgraduate course in Industrial Administration.

Índice

Contenido

.....	¡Error! Marcador no definido.
Agradecimientos	4
Resumen	v
Abstract.....	vii
Índice	viii
Introducción	xii
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la problemática	2
1.2. Planteamiento del Problema	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.4 Hipótesis	3
1.5. Justificación	3
1.6. Variables e indicadores	4
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1. Marco conceptual.....	6
2.1.2. Tipos de pruebas	17
2.1.3 Prácticas de seguridad para el área de prueba.....	29
2.2. SMED	34
2.3. Sin SMED no hay manufactura ágil posible.	35
2.4. El sistema SMED: Descripción de sus etapas.....	37
2.4.1. Etapas del SMED.	39
2.5. Técnicas para aplicar el sistema SMED.	41
2.5.1 Primera etapa.	41

2.5.2. Segunda etapa.	42
2.5.3. Tercera etapa:.....	43
2.6 Propuesta de mejora para las operaciones de preparación externa.....	43
2.7. Propuesta de mejora para las operaciones de preparación interna.....	45
2.8. La correcta elección de la máquina: El mejor cambio es el que no se hace. ...	48
2.9. Disponibilidad del equipo para producción.	48
2.9.1. Disponibilidad:	49
2.9.2. Tiempo muerto.....	49
2.9.3. Pérdida de velocidad:	49
2.9.4. Pérdida de la calidad:	49
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	53
3.1. Población o muestra	53
3.2. Tipo de estudio	53
3.3. Plan de análisis de datos	53
3.4. Estudio de tiempos y movimientos.....	54
3.4.1. Layout del departamento de pruebas eléctricas.....	55
3.4.2. Matriz del equipo necesario para las pruebas de la estación 045.	56
3.4.3 Matriz de la Familia A.....	56
3.4.4. Matriz de la Familia B.	57
3.4.5 Matriz de la Familia C.	58
3.4.6. Matriz de la Familia D.	59
3.5. Demanda de unidades de las familias A, B, C y D 2015 – 2017.....	59
3.5.1. Demanda de unidades de la familia A 2015 – 2017.	60
3.5.2. Demanda de unidades de la familia B 2015 – 2017.....	61
3.5.3. Demanda de unidades de la familia C 2015 – 2017.....	62
3.5.4. Demanda de unidades de la familia D 2015 – 2017.....	63
3.5.5. Introducción de nuevos productos 2015 – 2017.....	64

3.6. Estrategias implementadas.....	65
3.6.1 Estrategia 1.	65
3.6.2. Estrategia 2.	75
3.6.3. Estrategia 3.	82
3.6.4. Estrategia 4.	91
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	102
4.1. Resultados del objetivo general.	102
4.2. Resultados de la Estrategia 1 (EST1).	103
4.2.1. Mejoras de la EST1.	103
4.2.3 Reducción de pasos de la EST1.....	103
4.3. Resultados de la Estrategia 2 (EST2).	104
4.3.1. Mejoras de la EST2.	104
4.3.2. Reducción de pasos de la EST2.....	104
4.4. Resultados de la Estrategia 3 (EST3).	105
4.4.1. Mejoras de la EST3:	105
4.4.2 Reducción de pasos de la EST3.....	105
4.5. Resultados de la Estrategia 4 (EST4).	106
4.5.1. Mejoras de la EST4.	106
4.5.2. Reducción de pasos de la EST4.....	106
4.6. Resultados de la Estrategia 5 (EST5).	107
4.7. Resultado de la disminución de pasos.	108
4.8. Resultado de la disminución de tiempos muertos.	109
4.9 Resultado del cambio de modelo de las estrategias.	110
4.9.1. Resultados secundarios.....	111
4.9.2. Primer objetivo secundario	111
4.9.3. Segundo objetivo secundario.....	113
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	116

5.1 Conclusiones	116
5.2 Recomendaciones	116
Trabajos citados.....	118
Bibliografía	125

Introducción

La industria manufacturera ha sido desde la Revolución Industrial, uno de los principales motores del desarrollo económico y social a nivel mundial. Desde entonces han surgido organizaciones capaces de transformarse a través del tiempo y las circunstancias. Para lograr, estas mejoraron sus métodos, tecnologías, productos, sistemas de control, etc. En particular la ingeniería industrial busca facilitar la transformación utilizando herramientas, metodologías y tecnologías para lograr sus objetivos. (Vázquez Mosquera D. A., 2011)

La empresa manufacturera de equipos electrónicos, desde su creación, ha sido un foco de desarrollo para la ciudad de H. Matamoros, Tamaulipas México. Como todas las organizaciones del sector Industrial también cuenta con procesos productivos que cada vez requieren ser más competitivos y eficientes.

Se presenta un estudio detallado del departamento de pruebas eléctricas de alto voltaje. El área de pruebas eléctricas de alto voltaje produce una diversidad de fuentes de alto voltaje diferenciadas por marcas, modelos y especificaciones eléctricas como son: voltaje, corriente y kilowatts.

Cada tipo de unidad de fuente de alto voltaje utiliza diferentes materiales y requiere de ciertos ajustes de los equipos y de las estaciones donde se prueban. Esta actividad genera un tiempo de cambio en el cual el proceso está detenido. A su vez, este procedimiento no está siendo documentado y en consecuencia no se tiene un registro sobre los tiempos de cambios. Lo que ocasiona pérdidas en la productividad.

La tesis inicia con una descripción de la empresa. Se describe la evolución que ha tenido a través de los años. También se comenta su estructura actual y los aspectos principales en los cuales se desarrolla, tales como: sus clientes, proveedores y el rumbo estratégico de actualidad.

Primero se presenta una descripción detallada sobre la situación actual en el área de pruebas. Se inicia con una explicación de todo lo que se relaciona con las fuentes de alto voltaje. En particular sus componentes y materiales, pero también las partes y características de los equipos y estaciones que se utilizan en el proceso de ensamble de una fuente de alto voltaje. Todo esto con la finalidad de tener una idea clara de lo que se quiere lograr con esta implementación del SMED.

Posteriormente, se explica todo lo referente a la estrategia SMED. Principalmente, la forma como está debe integrarse en los procesos industriales. Además, se realiza una descripción de la metodología SMED, para lograr los objetivos planteados y llegar a obtener los beneficios deseados.

Finalmente, se hace un levantamiento de información que consiste en obtener todos los datos necesarios, para plantear alternativas. Datos como los tipos de cambios de las operaciones internas, como externas y las actividades que demoran los cambios de materiales y ajustes de maquinaria. Con el análisis de todos los datos obtenidos, se realiza una propuesta, así como las respectivas conclusiones y recomendaciones.

Actualmente existen cambios que demoran pocas horas, debido a que varía un solo componente en la fuente de alto voltaje. Pero también hay cambios que pueden llegar a tardar alrededor de un día, debido a los cambios totales de los equipos y ajustes completos de la estación de prueba. Por ejemplo, si una fuente de la familia A de 60 kilowatts de potencia se cambia de modelo a una familia B de 80 kilowatts; Se utilizan conexiones diferentes de alimentación (para energizar la unidad), un transformador variable de 0 a 480vac, (para regular la alimentación de potencia) otra línea de alimentación (para energizar la sección de control de la fuente), y también se requiere resistencias de diferentes valores (las cuales generan el consumo de corriente que marca la unidad de acuerdo con la exigencia del cliente). Los cambios se generan dentro de una estación de trabajo 0045.

El área de pruebas eléctricas de alto voltaje ocupa una superficie 200 metros cuadrados, la cual dispone de 20 estaciones. En esta área llegan diferentes familias de fuentes de alto voltaje para hacer la prueba general en la cual se valida el funcionamiento y se calibran los voltajes de la unidad. Después de terminar esta prueba, la unidad se deja energizada durante diez horas, para observar si los componentes soportan el trabajo, a esta parte de la prueba se le llama quemado o burn in, al terminar el quemado se prosigue con la prueba final y por último se transporta al área de inspección final y embarques.

La empresa manufacturera de equipos electrónicos. Es una empresa de clase mundial ubicada en la ciudad de H, Matamoros, Tamaulipas, en la frontera con Brownsville, Texas. La compañía, cuenta con, aproximadamente, 900 ensambladores y técnicos altamente calificados y supervisores comandados por un dedicado equipo de ingeniería en manufactura. Esta instalación produce tanto productos terminados como ensambles importantes utilizados en otras instalaciones de la compañía. La empresa manufacturera de equipos electrónicos tiene capacidad completa en todos los aspectos del ensamble de alto voltaje incluyendo transformadores de alto voltaje, placa de circuito impreso, cables, arneses y otros ensambles de alto voltaje.

El centro de diseño y desarrollo global se ha beneficiado con la alta calidad, entrega a tiempo y ahorros en los costos obtenidos por la planta en México. Gracias a ello, la empresa manufacturera de equipos electrónicos continúa siendo líder de la industria de alto voltaje en tecnología, calidad y respuesta a las demandas que solicitan sus clientes globales como son Philips Healthcare y Toshiba Medical System.

La vanguardista planta tres cubre 11,760 metros cuadrados con una expansión prevista a 15,050 metros cuadrados. La planta 3 incorporo los principios de la manufactura esbelta y técnica Seis Sigma, y se especializa en la fabricación, y servicios de pruebas de ensambles y productos terminados de primer nivel.

La avanzada instalación de sub-ensamble plantas 2 y 4 de 6,968 metros cuadrados apoya a los procesos principales de la planta 3 inaugurada en abril del año 2008. La planta 2 incluye las operaciones de estampado, maquinado, procesos de manufactura. La planta dos también surte sub-ensambles esencialmente a las instalaciones de fabricación y reparaciones globales de la compañía. Esto también incluye el área de manufactura, dedicada para ensamblar placas de circuito impreso, montaje superficial, cables, bobinas, transformadores, pintura y soldadura de metales.

Algunas características importantes de la instalación son: especialización en manufactura de sub-ensambles (automatización de circuitos impresos / montaje superficial inserción de componentes electrónicos, inspección automática, transformadores y bobinas) y pruebas de sub-ensambles. Estas son pruebas completamente automatizadas para asegurar el cumplimiento de los productos (programación de circuitos integrados, accesorios, informática de negocios, prueba de inicio, prueba posterior y prueba final).

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la problemática

En una empresa manufacturera de equipos electrónicos, cuenta con el área de pruebas eléctricas donde se realiza la validación de las fuentes de poder. Esta área presenta la siguiente problemática, en los años del 2015 al 2017. Las introducciones de nuevos productos se han incrementado en 10%, rebasando el número de piezas que se pueden probar en las veinte estaciones con las que cuenta. Las estaciones existentes están diseñadas para cada una de las cuatro familias de fuentes de poder que se procesan en el departamento. Cada vez que se introduce un número de parte de una nueva familia de fuentes de poder, se está obligado a construir una nueva estación de pruebas. Lamentablemente el departamento no tiene espacio para la creación de nuevas estaciones. Debido a esta condición en vez de construir una estación de prueba, se tiene que modificar una estación 0045 existente. La estación de prueba 0045 es una estación multifuncional que permite hacer las pruebas eléctricas a diferentes números de parte, a diferencia de las 19 estaciones restantes, que solo pueden probar un solo número de parte. La estación 0045 se utiliza para hacer pruebas eléctricas a los nuevos productos y a las familias de fuentes de poder de alto voltaje que ya se producen. Debido a esta situación la estación 0045 se tiene que configurar el set-up para cada número de parte, lo cual podría tardar hasta tres días en la preparación.

La estación 0045 es el soporte para poder responder a las demandas de nuevos productos, o cambios en el producto como puede ser: un componente eléctrico, una resistencia, un capacitor: La requisición es única en el año pero el valor de la venta del producto es considerable. Si el cliente disminuye la demanda de la familia A y aumenta la demanda de la familia B la estación 0045 se configura para realizar las pruebas eléctricas de la familia B, si requiere este cambio de la estación.

Para reducir los tiempos de cambio de modelo, en la estación 0045, se desea implementar la herramienta SMED.

1.2. Planteamiento del Problema

¿Es posible que a través de la aplicación del SMED en la estación de pruebas 0045 se logre disminuir los tiempos de cambio de modelo de una empresa manufacturera de equipos electrónicos?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Aplicar SMED en la estación de pruebas 0045 para reducir los tiempos de cambio de modelo para los cuatro tipos de familias de fuentes de poder y los nuevos productos.

1.3.2. Objetivos secundarios

1. Tener la capacidad de hacer pruebas de quemado y pruebas finales.
2. Implementar el método SMED en otras estaciones.

1.4 Hipótesis

Mediante la aplicación de SMED de la manufacturan esbelta se reducirá un 40%, por lo menos, del tiempo en los cambios de modelo de la estación de pruebas de alto voltaje 0045.

1.5. Justificación

Con la aplicación de la herramienta SMED en la estación 045 se podrá probar las unidades que se prueban en cuatro estaciones y las nuevas unidades de NPI que requieran pruebas con esto se maximizará el espacio del departamento, evitando la construcción de nuevas estaciones de pruebas y permitirá hacer cambios efectivos en el menor tiempo posible lo que impactará positivamente en la disponibilidad de la estación para producir piezas y en la reducción de los tiempos muertos. Debido a las limitantes que presentan las estaciones de pruebas eléctricas, de solo poder procesar una sola familia de fuentes poder, además las variaciones de la demanda del cliente y

el aumento del 10% de la introducción de nuevos productos. El cambio de set up de la estación puede tardar hasta tres días. Se propone la implementación del método SMED en la estación de pruebas 0045, para reducir en un 40% de los tiempos de cambio de modelo para validar las cuatro tipos de familias de fuentes de poder que existen y además se puedan validar las nuevas familias. Para ello, se sugiere diseñar un conector master que contenga las configuraciones predeterminadas para cada modelo.

1.6. Variables e indicadores

Se utilizara como indicadores los historiales de SQL (Lenguaje de consulta estructurado) del software Glovia G2 V.3.1 de Fujitsu Glovia, Inc. Mediante el sistema Glovia G2 se puede obtener información de las unidades que se procesan en las estaciones, así como también los tiempos de cambio de modelo.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTOS
TEÓRICOS

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco conceptual

Este apartado muestra los conceptos empleados en la investigación.

FUJITSU GLOVIA, Inc. Ofrece software ERP de fabricación discreta y soluciones que permiten, a las pequeñas y grandes empresas de manufactura, operaciones de ensamblaje y negocios de modo mixto para cumplir con los crecientes requisitos de los clientes para una producción de alta calidad puntual y dentro del presupuesto. (FUJITSU GLOVIA, Inc, 2015)

Las soluciones ERP, compuestas por las paqueterías de GLOVIA G2 y GLOVIA OM, proporcionan una amplia planificación de recursos comerciales, supervisión y control de todo el proceso de producción y gestión empresarial. En particular GLOVIA G2 se enfoca en la fabricación, desarrollo de productos, cadena de suministro, control operacional, entrega al cliente y retención, mientras que GLOVIA OM se enfoca en la gestión de la cadena de suministro, gestión de pedidos, gestión de inventario y gestión de servicios. ERP es ideal para proveedores de los ramos: automotriz, electrónica, aeroespacial, telecomunicaciones, tipos de capital y fabricación de alto volumen. (FUJITSU GLOVIA, Inc, 2015)

Durante el diseño de software, el termino **lenguaje específico de dominio** (domain - specific language - DSL) se refiere a un lenguaje de programación aplicado a un problema de dominio específico.

SQL (Structured Query Language). Es un lenguaje específico de dominio que tiene acceso a un sistema de administración de bases de datos relacionales que le permite especificar los tipos de operaciones en ellos. Una de sus características es la gestión del álgebra y el cálculo relacional que permite a las consultas recuperar, de forma sencilla, la información de las bases de datos, así como realizar cambios en ellas. (Wikipedia, 2018)

La productividad. Es el uso óptimo, con la mínima pérdida posible, de todos factores de producción (y no sólo de trabajo, que es lo que generalmente se tiene más en cuenta, quizás debido a su control más fácil), para obtener la mayor cantidad de producto de estos insumos, en las cantidades planificadas, con la calidad debida, dentro de los plazos acordados.

Proceso. Es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos, factores productivos en bienes y/o servicios. (Pinales López, 2015)

JIT (Just in Time). Es un método de dirección Industrial de origen japonés desarrollado en los setenta y que trata de producir al tiempo que se monta un producto. Fue adoptado primeramente en las plantas industriales de Toyota por Taiichi Ohno. Debido a su éxito, Taiichi Ohno se nombró padre del JIT. (Cruelles Ruiz, 2015)

Tras la primera introducción del JIT por Toyota, muchas compañías siguieron este sistema y a mediados de los años setenta se extendió por todo el mundo, siendo utilizado por múltiples compañías. (Cruelles Ruiz, 2015)

Tras la Segunda Guerra Mundial, Japón quedó totalmente destruido, por lo que debían aprovechar al máximo los pocos recursos con los que contaban. Por tal motivo se empezaron a preocupar por enseñar prácticas industriales como el JIT que les ayudo a desarrollar sus empresas. Como resultado, Japón trabajo de manera más eficiente y logro reconstruir su economía. (Cruelles Ruiz, 2015)

Con la introducción del JIT se resolvían muchos problemas, como por ejemplo la gestión y almacenamiento de grandes inventarios, reduciendo los consiguientes costes y retrasos en las entregas. (Cruelles Ruiz, 2015)

Se había introducido un proceso de producción distinto, en el que las actividades finales jalar (pull) de los materiales que requieren de los procesos precedentes. (Cruelles Ruiz, 2015)

Lean Manufacturing. Es "una filosofía / sistema de gestión sobre cómo operar un negocio". Enfocando esta filosofía / sistema de herramientas en la eliminación de todos

los residuos, lo que permite reducir el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto, mejorando la calidad y reduciendo los costos. (SOLUTIONS, 2017).

IEEE. El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, conocido por sus siglas IEEE por sus siglas en inglés (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas. Con cerca de 425 000 miembros y voluntarios en 160 países, es la mayor asociación internacional sin ánimo de lucro formado por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros electricistas, ingenieros en electrónica, científicos de la computación, ingenieros en computación, matemáticos aplicados, ingenieros en biomedicina, ingenieros en telecomunicación, ingenieros en Mecatrónica, ingenieros en telemática, cibernéticos, ingenieros de sistemas, etc. (Wikipedi, 2018)

La tensión eléctrica o diferencia potencial también denominada voltaje es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una particular carga para moverla entre dos posiciones determinadas se puede medir con un voltímetro. Su unidad en el sistema internacional de unidades (SI) es el Voltio. (wikipedia, wikipedia)

Resistencia eléctrica. Es la oposición al flujo de electrones al moverse a través de un conductor. La unidad de resistencia en el sistema internacional es el ohmio, que se representa con la letra griega Omega (Ω) en honor al físico alemán Georg Simón Ohm, quien descubrió el principio que ahora lleva su nombre. (wikipedia, wikipedia)

La corriente eléctrica. Es el flujo de carga eléctrica que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del mismo al caudal de corriente (cantidad de carga por unidad de tiempo) se le denomina intensidad de corriente eléctrica y se mide en Amperios.

Resistor. Componente electrónico diseñado para introducir una resistencia eléctrica determinada entre dos puntos de un circuito eléctrico, usado en planchas y

calentadores. Se emplean resistencias para producir calor aprovechando el efecto joule. Es un material formado por carbono y otros elementos resistivos para disminuir la corriente eléctrica, se muestra en la Figura 1 los tipos de resistencias.



Figura 1 - Resistencias.

Capacitor. Es un dispositivo pasivo utilizado en electricidad y electrónica capaz de almacenar energía, sustentando un campo eléctrico. Está formada por un par de electrodos generalmente en forma de láminas o placas. Las placas sometidas a una diferencia de potencial adquieren una determinada carga eléctrica positiva en una de ellas y negativa en la otra siendo nula la variación de carga total. Los capacitores pueden ser electrolíticos o de tantalio y la magnitud que utiliza para medir los componentes es en micro faradios. Se muestra en la Figura 2 los distintos tipos de capacitores existentes en el mercado.



Figura 2 - Tipos de capacitores.

Corriente Continua CC o CD. Por sus siglas del inglés Direct current, se refiere al flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distintas potencias y carga eléctrica que no cambia de sentido con el tiempo a diferencia de la corriente alterna. Se muestra la forma de onda de un generador de corriente continua se mantiene estable a través del tiempo en la Figura 3.



Figura 3 - Forma de onda corriente directa.

Corriente alterna. Se denomina a la corriente eléctrica que tiene la magnitud del sentido varían a través del tiempo, generalmente a 60 veces por segundo y se utiliza en la alimentación de electrodomésticos para el hogar. Se muestra la forma de onda de la corriente alterna en la Figura 4.

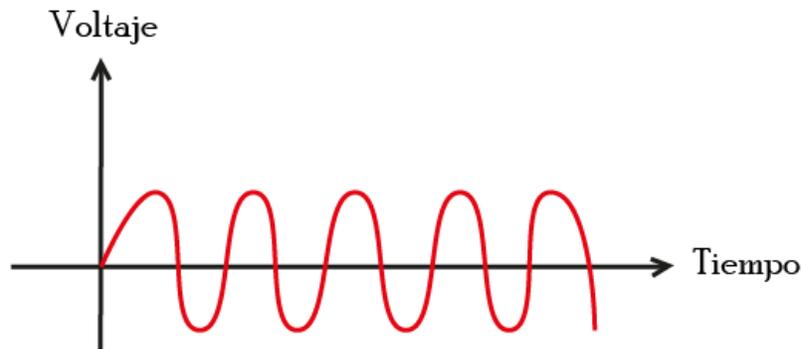


Figura 4 - Forma de onda de la corriente alterna.

Transformador. Es un dispositivo pasivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel tensión a otro nivel tensión alterna, basados en el fenómeno de la inducción electromagnética: Está constituido por dos bobinas de cobre sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aislados entre sí eléctricamente, la única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios. El primario es la entrada del transformador y el secundario es la salida reducida o aumentada de tensión. Se muestra el primario y el secundario del transformador en la Figura 5.

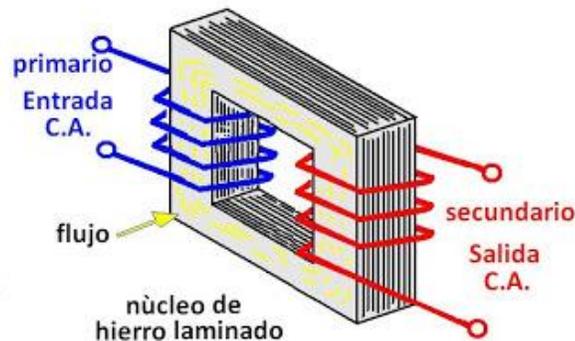


Figura 5 – Transformador.

Transformador Variable o Variac. Es una máquina que funciona como un transformador formado por una sola bobina el primario y secundario. La ventaja es que se puede aumentar o disminuir la tensión mediante una perilla que mueve un mecanismo. Figura 6 se muestra un variac.



Figura 6 - Transformador variable.

Diodo. Es un componente electrónico de la familia de los semiconductores formado por dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un sólo sentido, bloquean el paso si la corriente circula en sentido contrario. Esto hace que el Diodo tenga dos posibles posiciones una a favor de la corriente conocida como la polarización directa y otra en contra de la corriente conocida como polarización inversa. En la Figura 7 se puede apreciar el tico diodo rectificador.



Figura 7 - Diodo.

CT power supply. Tomografía por computadora proviene del inglés Computer Tomography son fuentes de alimentación especializadas de alto voltaje diseñadas y fabricadas para el área médica para la alimentación de los tubos de rayos X. En la figura 8 se muestra una persona realizando una tomografía mediante un CT.



Figura 8 – CT.

HVD. Divisor de alto voltaje del inglés High voltage Divider es un conjunto de resistencias de precisión de alto voltaje conectado en serie, normalmente utilizada para acondicionar un nivel de tensión alta a un nivel de tensión baja. De esta forma es más fácil tomar lecturas en los instrumentos de medición. En la Figura 9 se muestra un HVD.



Figura 9 – HVD.

Arco eléctrico. Es una descarga eléctrica entre dos puntos separados ligeramente donde pasa la corriente para hacerse conductor mediante el aire o un gas. Se puede apreciar un arco en la figura 10.



Figura 10 - Arco eléctrico.

Feedback. Es un retorno proporcional de la salida.

Riso. Es la medición de la salida de una fuente de voltaje alterno de pico a pico.

Cátodo. Es comúnmente el electrodo negativo en un diodo

Filamento. Usualmente es un cable conectado en el cátodo del tubo rayos x, el cual produce calor al atravesar una corriente eléctrica y producir el rayo x.

GRID. Es una fuente de poder formada por rejillas o electrodos que almacenan la corriente en un colector, cuya función principal es controlar el flujo de electrones que atraviesan el tubo de vacío.

ÁNODO. Es un electrodo a través del cual la corriente principal de electrones deja un hueco o espacio inter electrodo. En un diodo semiconductor se le llama a la estructura cristalina con polaridad positiva.

Ground o tierra. Es la conexión física utilizada para proteger instalaciones y equipos de una sobre carga.

MEDICIÓN DE ALTA TENSIÓN. Es la técnica segura para hacer mediciones de señales de alta tensión usando instrumentos, divisores de alto voltaje, resistencias, verificadores de rizo, etc.

PRUEBA HIPOT. Es una prueba donde se aplica un alto voltaje a cables o ensambles en la cual se puede detectar fugas de voltaje a través del aislamiento. En la Figura 11 se muestra la aplicación de la prueba de HIPOT para validar el aislamiento del bobinado de un transformador.

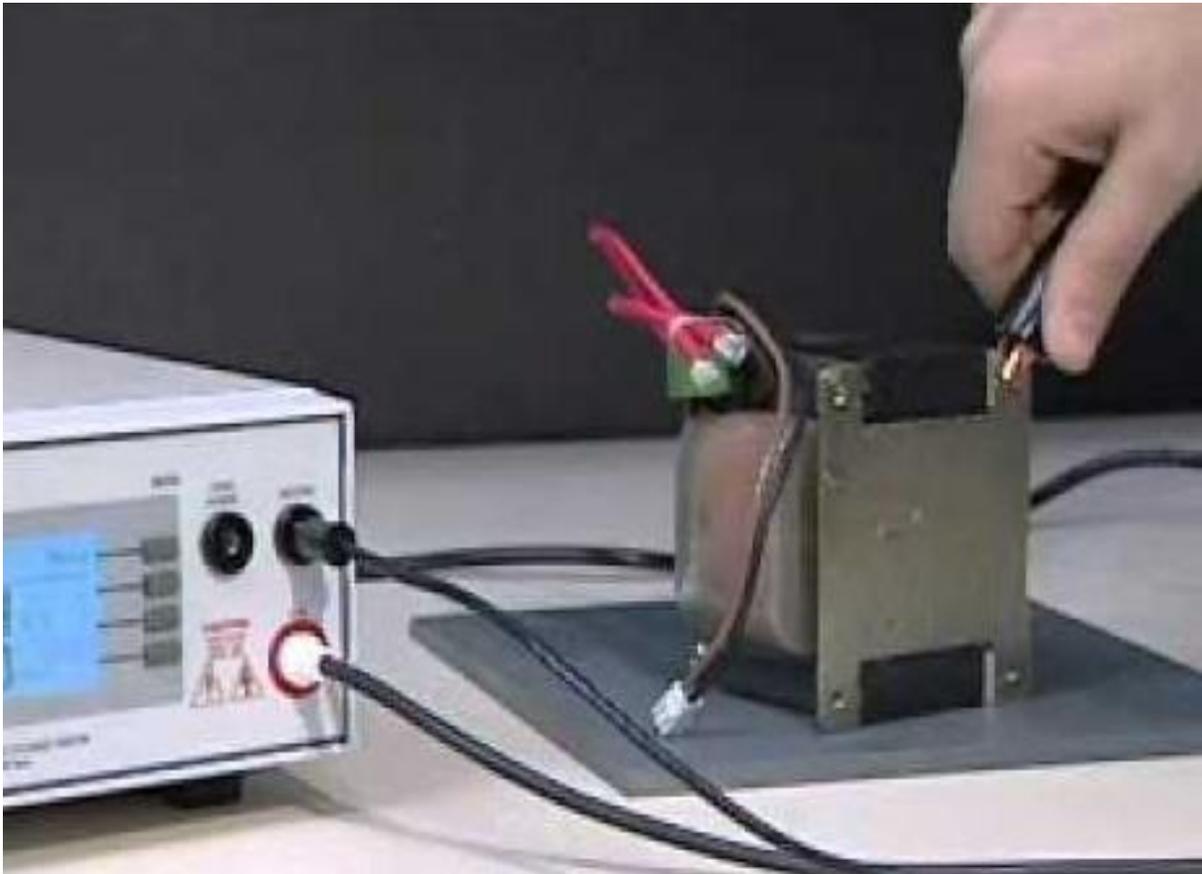


Figura 11 - Prueba de HIPOT a un transformador.

Jaula de Faraday. Es un recinto metálico si se le aplica una descarga eléctrica su interior no lo recibe sólo será transmitido por el exterior de la jaula. La aplicación es la carrocería de los autos y aviones. Los cuales pueden disipar los rayos sobre el chasis.

La IEEE recomienda el uso de la jaula de Faraday para aplicaciones de alto voltaje que exceden los 600V, por lo que es común que se diseñen estaciones de pruebas con esta forma donde en el interior se realiza la práctica o prueba de algún equipo de alto voltaje, corriente y frecuencia. Si el equipo, en este caso de fuentes de alto voltaje liberara un excedente de voltaje manifestado en un arco eléctrico el recinto no permite que salga esta energía y la descargaría hacia tierra física. La función de la jaula de Faraday es aislar y proteger al operario de una descarga de energía como se muestra en la Figura 12.



Figura 12 - Persona dentro de una jaula de Faraday.

2.1.2. Tipos de pruebas.

Son las pruebas que se realizan al material, ensambles o al producto final los cuales pueden ser de entrada, nivel PCB, ensamble final y de campo. Figura 13 se muestra los tipos de pruebas que se realizan a los ensambles electrónicos.

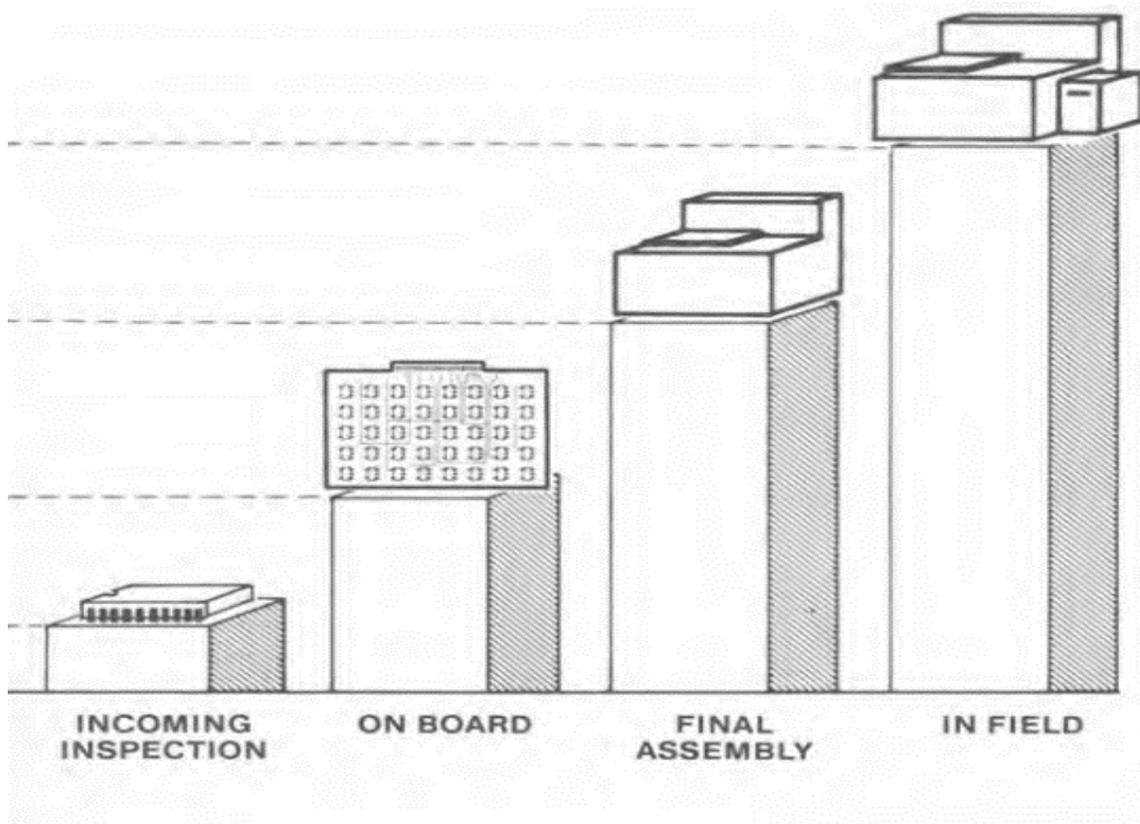


Figura 13 - Tipos de pruebas que se realizan a los ensambles electrónicos.

Incoming inspection o inspección de entrada. Cuyo objetivo es identificar las partes potenciales no conformes antes de colocar el material en inventario y moverlo al flujo de producción. Todas las piezas y materiales sujetos a la recepción de la inspección se examinan de acuerdo con los requisitos de los dibujos y normas de pedidos de compra del cliente. En la Figura 14 se muestra el proceso de inspección de entrada de componentes electrónicos.



Figura 14 - Inspección de entrada de componentes electrónicos.

Pruebas a nivel PCB.

In – circuit. Es una prueba eléctrica en la cual se aíslan los componentes individuales. Donde las técnicas de circuito y aislamiento permiten la validación, presencia, orientación, cortos, aperturas, resistencia, capacitancia e inductancia de los componentes montados en un circuito impreso (PCB). Las técnicas más avanzadas permiten el encendido del PCB, pruebas funcionales, programación del dispositivo, inspección automatizada, mediciones, pruebas de validación del programa instalado en el controlador, e incluso las comprobaciones de color e intensidad de diodos emisores de luz (LED). En la Figura 15 se muestra la prueba de un PCB en una estación de in – circuit.



Figura 15 - Validación de un PCB en la estación de In – circuit.

Inspección óptica automatizada (AOI). Es el método que emplea un sistema de visión artificial mediante la utilización de cámaras para identificar defectos visiblemente reconocibles tales como componentes faltantes y errores de ubicación de los componentes utilizando una imagen predeterminada que la compara con el material que está procesando. En la Figura 16 se muestra el escáner de un PCB mediante AOI.

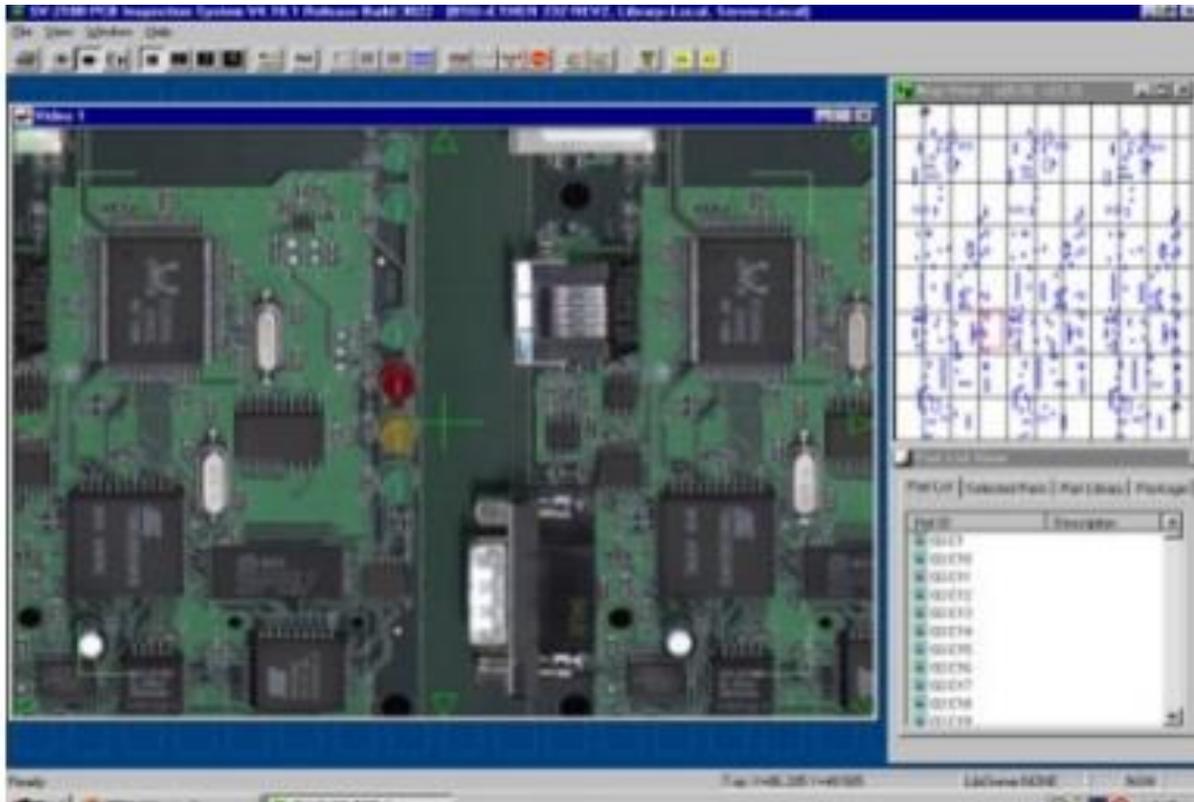


Figura 16 - Escáner de un PCB mediante AOI.

Inspección visual manual (MVI). Es otra prueba de inspección visual que utiliza el ojo humano como el medio para detectar los defectos de calidad en los componentes con la ayuda de herramientas de aumento como son: lámparas con lupa o microscopio. Hoy el AOI es mejor que la inspección manual por la velocidad de la prueba de inspección y el margen de error. Pero la inspección manual sigue siendo importante para los controles de calidad de la soldadura y los componentes de los PCB. En la Figura 17 se muestra MVI de un PCB mediante un microscopio.



Figura 17 - Verificación de puntos de soldadura de un PCB mediante un microscopio.

Inspección por rayos X. Se utiliza el sistema de rayos X, para la inspección dentro de los componentes, examinar las uniones de soldadura, este método de prueba se utiliza en la muestra de un lote de material, cuando existen fallas en los circuitos impresos y no se ha podido detectar sobre la superficie del circuito por lo que se recurre a la inspección por rayos X para verificar el interior de los componentes y las capas del PCB. El método de rayos X, no se puede detectar componentes que son eléctricamente defectuosos o fuera de especificación. Las pruebas de in – circuit, si pueden detectar estos problemas. En la Figura 18 se muestra una radiografía del interior de los componentes para encontrar posibles defectos.

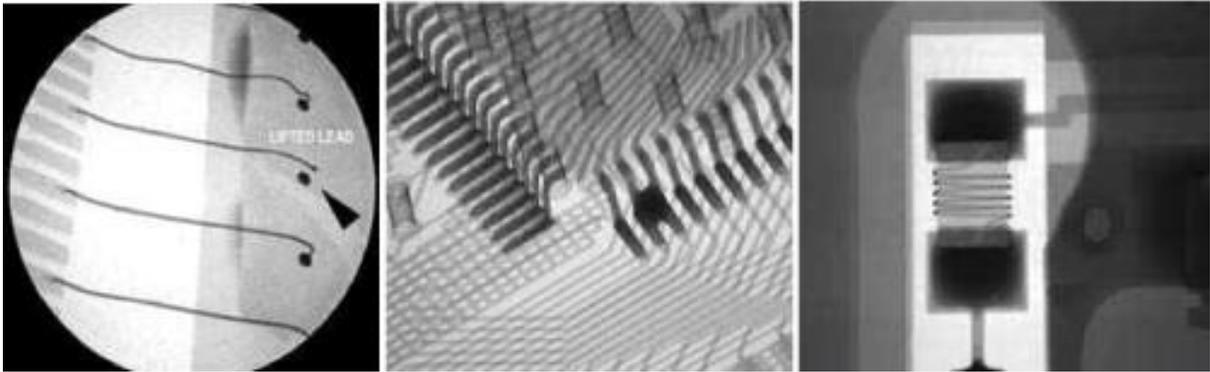


Figura 18 - Radiografía de componentes electrónicos.

Pruebas funcionales: En esta prueba el sistema de alimenta de las entradas y las salidas de la unidad se utilizan para determinar si funciona según lo previsto bajo condiciones normales de operación. En la Figura 19 se muestra un PCB al cual se le aplica un voltaje para medir los voltajes de las salidas.

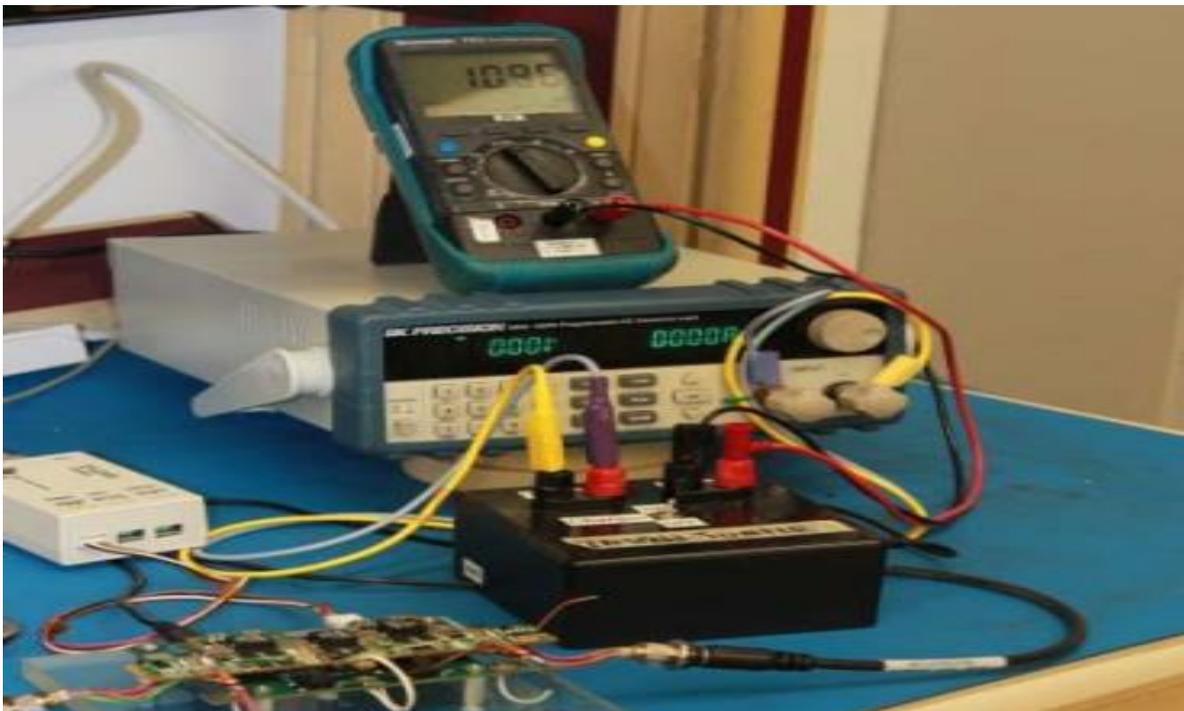


Figura 19 - Aplicación de voltaje de alimentación a un PCB.

Pruebas a nivel de ensamble final.

Las pruebas de ensamble final son pretest (prueba inicial), burn in (quemado), y final test (Prueba final).

Pretest o prueba inicial. Es la validación que se hace a las fuentes de alto voltaje cuando instalan todos los sub ensambles al cual se conecta en una estación de prueba y se le aplica un voltaje de entrada. El voltaje de entrada se eleva hasta llegar al límite que marca la unidad y tomar datos del voltaje de salida actual versus el de feedback de voltaje, la corriente actual versus feedback de corriente, riso, temperatura, calibraciones, activación del Grid y filamento. En esta prueba se realiza los arcos el cual consiste en poner en corto la salida de la fuente con respecto a tierra de esta forma se comprueba que los componentes internos de la fuente soporten el exceso de corriente que se genera durante el arco.

Burn in o quemado. Después de haber realizado el pretest se procede con el quemado el cual se deja habilitan todas las funciones de la fuente durante un periodo de tiempo de diez horas para validar que la fuente de poder soporte el estrés al cual se somete o detectar aquellos ensambles o componentes que no soporten la prueba.

Final test o prueba final. Durante esta prueba se registran las mediciones de los voltajes, corrientes, temperaturas y se activan el Grid, Filamento.

Proceso estándar para pruebas de alto voltaje. Para realizar las pruebas a las fuentes de alto voltaje se conecta la salida de la unidad que atraviesa una carga y se utilizan instrumentos para medir la corriente la cual regresara a la unidad. En la Figura 20 se muestra la configuración que se utiliza para validar el funcionamiento de la fuente de alto voltaje con una resistencia como carga, la cual sustituye el tubo de rayos x.

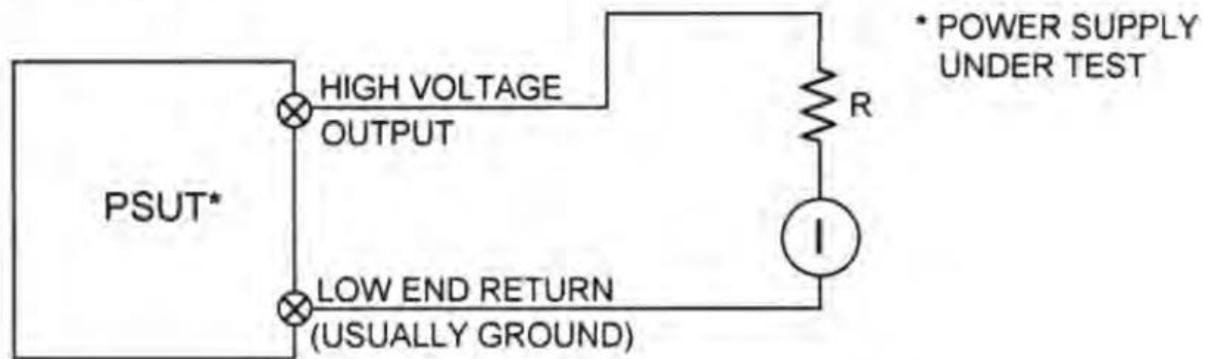


Figura 20 - Configuración con carga.

Prueba con Tubo de rayos X.

La prueba de las fuentes de alto voltaje con el tubo de vacío que es la carga real que se utiliza en campo véase Figura 21.

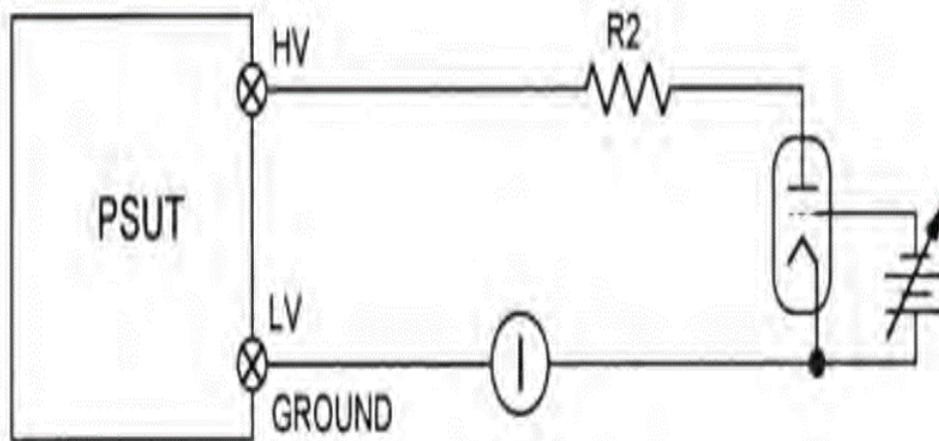


Figura 21 - Configuración con tubo de vacío.

El tubo de rayos X, es la razón por la que se requiere una fuente de alto voltaje en este caso se puede hablar de una fuente de poder de 140 kilo voltios, dependiendo de su estructura interna si tiene ambos electrodos que son: ánodo y cátodo los cuales dividen el voltaje entre dos, es decir cada lado tendrá 70kv los cuales chocaran al habilitar la fuente de poder y mediante un exceso de corriente que circula por un

elemento del tubo de rayos x llamado filamento producirá un frenado en los electrones que atraviesan el tubo y se producirá los rayos x, este fenómeno produce una alta temperatura en el interior del tubo, por lo que tiene en paralelo instalado una bomba con un radiador para refrigerar el interior tubo.

La aplicación que se le da a un acelerador lineal (Tubo de rayos X) es la toma de radiografías, aplicadas en medicina en la observación de daños de los huesos, industrial, aeroespacial, marítima, minería y militar. El acelerador lineal sustituye a los equipos antiguos de fuentes contantes con material radioactivo que siempre están generando energía gama. En la Figura 22 se muestra la estructura de un tubo de rayos x comercial.

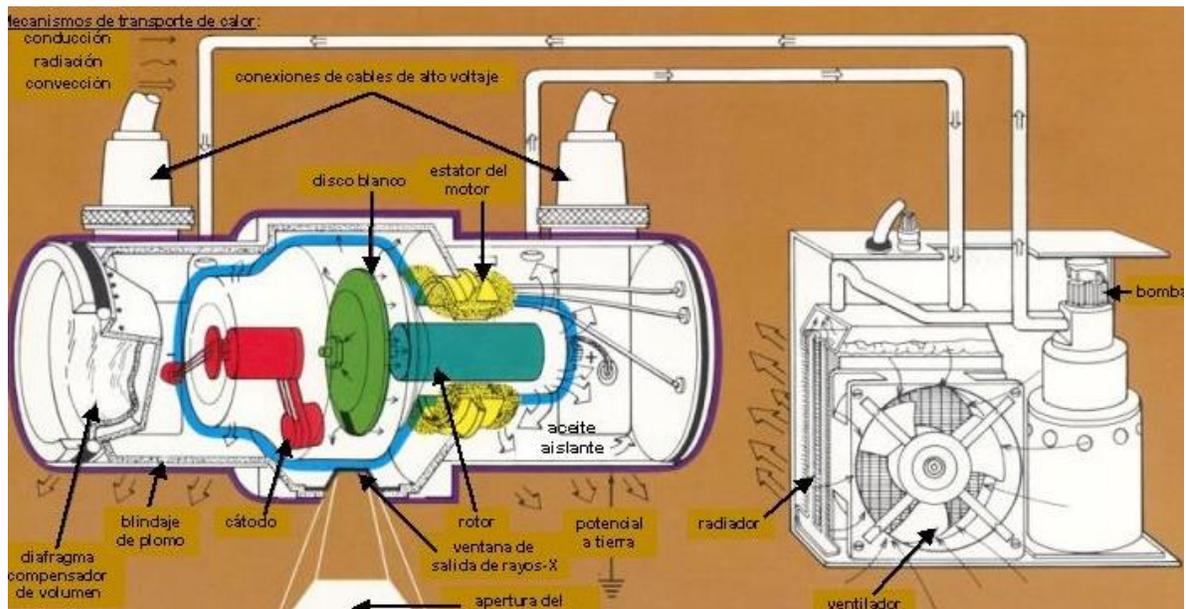


Figura 22 - Estructura de un tubo de rayos X.

El set up de la prueba de alto voltaje.

En la Figura 23 se muestra la configuración común para realizar pruebas de alto voltaje que consta de la utilización de cargas, HVD, instrumentos de medición; osciloscopio, voltímetro y amperímetro.

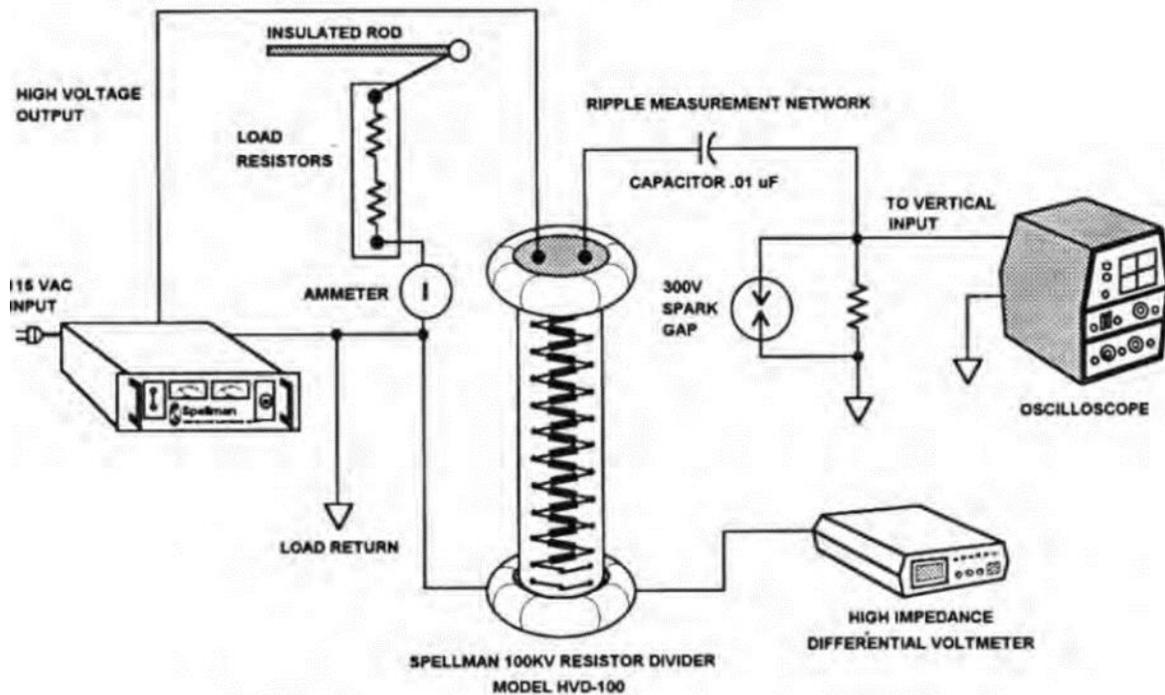


Figura 23 - Configuración para realizar pruebas de alto voltaje.

Técnica de mediciones de rizado se utiliza para tomar muestras del voltaje de la salida de la unidad, la cual puede ser un voltaje AC o DC, mediante unos capacitores de alto voltaje como se muestra en la Figura 24 con la letra C.

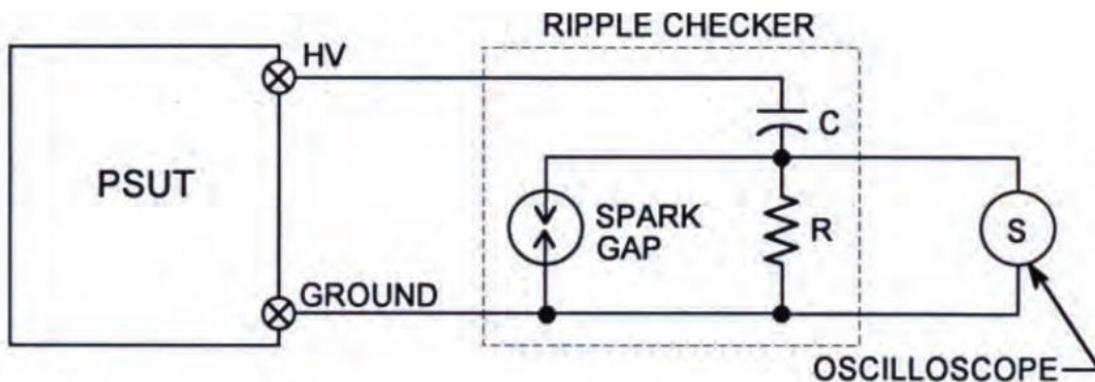


Figura 24 - Mediciones de rizado.

Por la naturaleza de las pruebas eléctricas de alto voltaje. Las cuales se deben de realizar en estaciones de pruebas que cumplan con la norma de IEEE por sus siglas en inglés (Institute of Electrical and Electronic Engineers)

En esta sección se enumeran extractos de la norma IEEE 510-1983 para advertir a todo el personal que trabaja con aplicaciones y mediciones de alta voltaje.

Proporcionar prácticas de seguridad recomendadas con respecto a los riesgos eléctricos. Los puntos de seguridad en las pruebas eléctricas se aplican no solo al personal, sino también a los equipos y aparatos de prueba o sistema bajo prueba. Estas prácticas recomendadas tratan generalmente de la seguridad en relación con las pruebas en laboratorios, en el campo, y de los sistemas que incorporan fuentes de alimentación de alta tensión, etc.

Para los fines prácticos se considera un voltaje aproximadamente de 1000 voltios, es el mínimo para este tipo de pruebas. El juicio individual es necesario para decidir si los requisitos de estas prácticas recomendadas son aplicables en casos donde están involucrados voltajes más bajos o riesgos especiales.

Todas las terminales sin conexión a tierra del equipo o aparatos bajo prueba se deben considerar como energizados.

Las conexiones a tierra comunes deben estar sólidamente conectadas al conjunto de prueba y al espécimen de prueba. Como mínimo, la capacidad actual de los conductores de tierra debe exceder lo necesario para llevar la máxima corriente de tierra posible. El efecto del potencial de tierra aumenta debido a la resistencia y la reactancia de la conexión a tierra, esta debe ser considerada para evitar sobre las corrientes en las conexiones a tierra.

Control y medición del circuito.

Las derivaciones no deben correr desde un área de prueba al menos que estén contenidas en una cubierta metálica puesta a tierra y terminados en un recinto metálico

conectado a tierra, o al menos que se hayan tomado otras precauciones para garantizar la seguridad del personal.

Se deben tomar precauciones para evitar el contacto accidental de las terminales de línea viva por el personal, ya sea por señalamiento o proporcionando barreras alrededor del área.

El circuito debe incluir instrumentación para indicar los voltajes de prueba. Se debe proporcionar una conmutación adecuada y, cuando corresponda, un observador para la desactivación inmediata de los circuitos de prueba, por razones de seguridad. En el caso de las pruebas de corriente continua (CC), también se deben incluir las disposiciones para la descarga y las terminales con carga a tierra. Las pruebas de alto voltaje y alta potencia deben ser realizadas y supervisadas por personal calificado.

2.1.3 Prácticas de seguridad para el área de prueba.

Señales de advertencias apropiadas, por ejemplo, PELIGRO - ALTO VOLTAJE, deben colocarse en o cerca de las puertas de entrada.

En la medida en que sea práctico, se deben proporcionar dispositivos de conexión a tierra automáticos para aplicar en un área visible en el circuito de alto voltaje, después de haber sido apagadas. En algunos circuitos de alto voltaje, particularmente, aquellos en que los elementos se cuelgan de una configuración a la siguiente, esto puede no ser factible. En estos casos, el operador debe conectar una conexión a tierra a la terminal de alta tensión usando una manija con aislamiento. En el caso de varios condensadores conectados en serie, no siempre es suficiente conectar a tierra solamente la alta terminal tensión. Las terminales intermedias expuestas también deben estar conectadas a tierra.

Esto aplica en particularmente en los generadores de impulso donde los condensadores deben ser cortocircuitados y puestos a tierra antes y mientras trabajaba en el generador.

La conexión a tierra segura de la instrumentación debe tener prioridad sobre la conexión a tierra de la señal adecuada a menos que se tomaron precauciones especiales para garantizar la seguridad del personal.

Las derivaciones no se deben de correr desde un área de prueba al menos que estén contenidas en una cubierta metálica puesta a tierra y terminales en un recinto metálico conectado a tierra, o al menos que se hayan tomado otras precauciones para garantizar la seguridad del personal. El cableado de control, las conexiones de los medidores y los cables que se ejecutan en los osciloscopios caen en esta categoría. Los medidores y otros instrumentos con terminales accesibles normalmente deberían colocarse en un compartimiento de metal con una ventana de visualización.

Circuitos temporales.

Los circuitos de medición temporales deben ubicarse completamente dentro del área de prueba y visto a través de la valla. Alternativamente, los medidores pueden ubicarse fuera de la cerca, siempre que los medidores y cables, externos al área, estén encerrados en metal con conexión a tierra física.

Los circuitos de control temporales deben tratarse de la misma manera que los circuitos de medición y deben estar alojados en una caja conectada a tierra con todos los controles accesibles para el operador al potencial de tierra.

Reglas de seguridad.

Se debe establecer y aplicar un conjunto de reglas de seguridad para el laboratorio o las instalaciones de prueba. Una copia de estos debe ser dada y discutida con cada persona asignada para trabajar en un área de prueba. Un procedimiento para la revisión periódica de estas reglas. Los operadores deben establecerse y llevarse a cabo.

Inspección de seguridad.

Se debe establecer y llevar a cabo un procedimiento para la inspección periódica de las áreas de prueba. Las recomendaciones de estas inspecciones deben ser seguidas

por acciones correctivas para equipos inseguros o para prácticas que no están en mantenimiento con las regulaciones requeridas.

NOTA: Un comité de seguridad compuesto por varios operadores designados de manera rotativa auditara a todo el personal los puntos de la seguridad.

Conexiones a tierra y cortocircuito.

El enrutamiento y las conexiones del cableado temporal deben ser más seguros contra interrupciones accidentales que pueden crear riesgos, para el personal o los equipos.

Los dispositivos que dependen de un aislamiento dieléctrico sólido / líquido. Deben estar conectados a tierra y cortocircuitado cuando no está en uso.

Una buena práctica de seguridad requiere que los objetos capacitivos se cortocircuiten en las siguientes situaciones:

Cualquier objeto capacitivo que no está en uso pero puede estar bajo la influencia de un campo eléctrico de corriente directa (cd). Deberá tener su terminal de alto voltaje puesto a tierra. No tener la precaución en el objeto capacitivo puede dar como resultado un campo magnético que genere voltaje.

Los objetos capacitivos que tienen un dieléctrico sólido se deben cortocircuitar después de la prueba de CC. El incumplimiento puede provocar una acumulación de voltaje en el objeto, debido a la absorción dieléctrica se ha disipado o hasta que el objeto ha sido reconectando a un circuito.

NOTA: Es una buena práctica que todos los dispositivos capacitivos permanezcan en cortocircuito cuando no estén en uso.

Cualquier dispositivo capacitivo de circuito abierto se debe cortocircuitar y poner a tierra antes de ser contactado por el personal.

Especiado o distancias durante las pruebas de alto voltaje.

Todos los objetos a nivel de tierra deben colocarse lejos de todos los puntos expuestos de alta tensión a distancia mínima de 1 pulgada (25,4 mm) por cada 7,500 voltios, por ejemplo en 50kv requiere un espacio de al menos 6.7 pulgadas (171 mm). Esto es, para evitar que el alto voltaje brinque a tierra y produzca una falla durante la operación.

Permita una distancia de fuga de 1 pulgada (25.4 mm) por cada 7,500 voltios para aisladores colocados en contacto con puntos de alto voltaje. El espacio de la salida de alto voltaje de la unidad hacia el operario debe considerarse en caso que no se cuente con un aislamiento o guarda, se debe tomar el espacio o la distancia para evitar que brinque un arco eléctrico.

Pruebas de alta potencia.

Las pruebas de alta potencia implican un tipo especial de medición de alto voltaje en el que el nivel de corriente es muy alto. Se debe considerar cuidadosamente las precauciones de seguridad para las pruebas de alta potencia debido a este hecho. La naturaleza explosiva de la muestra de prueba también causa una preocupación especial relacionada con seguridad en el laboratorio. Los equipos protectores de los ojos y la cara deben ser usados por todo el personal que conduce u observa un dispositivo de alta potencia. Prueba donde hay una probabilidad razonable de que la lesión en el ojo o la cara pueda ser prevenida por tal equipo.

NOTA: Los riesgos típicos de los ojos y la cara presentes en las áreas de prueba de alta potencia incluyen intensa de la luz (incluido la luz ultravioleta), chispas y metal fundido.

Los lentes de seguridad deben ser usados por todo el personal que observe un dispositivo de alta potencia. En la prueba incluso cuando no se espera arco eléctrico. Las lentes deben ser resistentes a los golpes y tener sombra números consistentes con el nivel de iluminación ambiental del área de trabajo, pero que aun así son capaces de proporcionar protección contra la radiación peligrosa, debido a cualquier arco eléctrico inadvertido.

Todo el equipo de generación de alto voltaje debe tener un control único para apagar el equipo bajo condiciones de emergencia.

Todo equipo generador de alta tensión debe tener un indicador que muestra que el alto voltaje de salida está habilitado.

Todo el equipo de generación de alto voltaje debe tener provisiones para conexiones externas (interbloqueo) el cual hace que la fuente de alta tensión se apague cuando no cumple las condiciones. Estas conexiones pueden ser utilizadas, para enclavamientos de seguridad externos en barreras o para un interruptor de seguridad accionado manualmente o con el pie.

El diseño de cualquier pieza de equipo de prueba de alto voltaje debe incluir un análisis de falla para determinar si la falla de cualquier parte del circuito o la muestra a la que está conectado creará un peligro. Situación, para el operador. La falla principal se debe interpretar para incluir la probabilidad de falla de artículos que serían sobre estresados, como resultado de la falla mayor. El análisis puede estar limitado a efecto de una falla importante a la vez, siempre que la falla principal sea obvia para el operario.

Bloquear y etiquetar. Es el proceso de eliminar la fuente de energía eléctrica e instalando un candado que evita el encendido. El etiquetado es el proceso de colocar una etiqueta de peligro en una fuente de electricidad trifásica que indica que este equipo no se puede operado hasta que se retire la etiqueta de este procedimiento es necesario para la seguridad del personal consultar la norma NOM-004-STPS-1999 en el Anexo 1. (Social, 1994)

EPP. Es el equipo de protección personal como pueden ser accesorios que cubren parcial o tal, ciertas extremidades que eliminan o reducen el riesgo de un accidente estos son: lentes, cascos, guantes, cubre bocas, batas, zapatos, etc. Consulta la norma NOM-017-STPS-2008 en el Anexo 2. (social, 2007)

Manejo de fuentes radiológicas. NOM-002-NUCL-2015 esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en el Territorio Nacional para todos los propietarios, Titulares, Responsables, Asesores Especializados en Seguridad Radiológica, equipos

de rayos X y establecimientos para diagnóstico médico que utilicen equipos generadores de radiación ionizante (rayos X) en unidades fijas o móviles para su aplicación en seres humanos, quedando incluidos los estudios panorámicos dentales y excluidas las aplicaciones odontológicas convencionales y densitometría ósea. Para mayor información consulte el Anexo 3. (Salvavidas, 2015)

2.2. SMED

Dentro de las posibles mejoras de los métodos, una muy relevante y en particular es el sistema SMED. Es una metodología destinada a mejorar el tiempo de las tareas de cambio de máquina y utillaje para dar el máximo aprovechamiento de la máquina, reducir el tamaño de lotes, reducir los costos y aumentar la flexibilidad en el servicio a los clientes. SMED es un acrónimo de los términos en lengua inglesa Single minute exchange of Die, cuya traducción es cambio de útiles en pocos minutos. Este concepto produce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debe durar no más de 10 minutos de ahí la frase single minute (expresa los minutos en un solo dígito). La paternidad de este concepto se atribuya a Shigeo Shingo uno de los mayores contribuyentes, junto a Taiichi Ohno, del Just in Time (JIT), Sistema producción de Toyota.

Las técnicas SMED tiene como meta reducir drásticamente los tiempos de cambio de útiles, la preparación de máquinas y línea de producción, posibilitando hacer los lotes más pequeños de tamaño.

La implementación efectiva sólo es posible cuando se comprende en profundidad el alcance completo de estas técnicas. Para ello deben darse las siguientes condiciones fundamentales.

Tomar conciencia de la importancia que tiene para la empresa y sus actividades la disminución de los tiempos de preparación.

Concientizar de la problemática los empleados, y prepararlos mediante la capacitación y entrenamiento, a los efectos de incrementar la productividad y reducir los costos

mediante la reducción en los tiempos de preparación, eliminando la creencia sobre la imposibilidad de conseguir este objetivo.

Dar importancia clave a la reducción de los tiempos, tanto de preparaciones, como proceso global de la operación productiva, dado sus notorios efectos sobre la productividad, costos, cumplimiento de plazos y niveles de satisfacción. Por esta razón su tratamiento se constituye como una cuestión de carácter estratégico.

Cabe señalar que no se puede alcanzar el rango de menos de 10 minutos para todo tipo de preparaciones de máquinas, pero la aplicación de las técnicas de smed reducirá notablemente los tiempos de cambio y preparación en todos los casos. (Cruelles Ruiz, 2015)

2.3. Sin SMED no hay manufactura ágil posible.

Si los tiempos de cambio de máquina no son lo suficientemente bajos, la empresa sólo podrá hacer rentables sus lotes de fabricación si estos son grandes. Cuando los lotes son grandes la manufactura no puede ser ágil.

Actualmente, los clientes desean una amplia variedad de productos, en cantidades limitadas y en un plazo reducido. Esperan elevada calidad, buen precio, entrega rápida, (calidad, costo y plazo). Para empresas que quieran incrementar su flexibilidad y al mismo tiempo disminuir sus niveles de stock, resulta crítico reducir al mínimo los tiempos, tanto para los cambios de herramienta como para las preparaciones. Eliminar el concepto de lote de fabricación, reduciendo al máximo el tiempo de preparación de máquinas y de materiales, es en esencia la filosofía SMED.

El SMED ayuda a las empresas a satisfacer todas las necesidades con menos desperdicio haciendo efectiva, en costos, la producción de artículos de pequeñas cantidades o lotes. Numerosas empresas producen artículos en grandes lotes simplemente porque los tiempos de cambio de útiles y preparación de las máquinas hacen demasiado costoso cambiar frecuentemente de serie de producto.

La producción en grandes lotes tiene varias desventajas

Despilfarro de stock : almacenaje de lo que no se vende cuesta dinero en inmovilidad de recursos de la empresa sin añadir valor al producto.

Retraso: Los clientes deben esperar a que la empresa produzca lotes enteros en lugar de fabricar las cantidades necesarias para cada monto.

Declinación de la calidad: El almacenaje de los productos no vendidos aumenta la posibilidad de que dichos artículos se estropeen o sufran daños, lo que aumentan los costes.

La aplicación de las técnicas SMED cambia radicalmente el sistema de producción de cualquier empresa. Cuando el cambio de útiles puede hacerse de manera rápida, se realizará siempre que sea necesario, Esto significa que las empresas pueden producir en pequeños lotes obteniendo las siguientes ventajas.

Flexibilidad: las empresas pueden satisfacer las cambiantes demandas de los clientes sin necesidad de mantener grandes stocks.

Entrega rápida: la producción en pequeños lo significa plazos de fabricación más cortos y menos tiempos de espera para todos los clientes.

Productividad: más elevada los tiempos de preparación y cambios de útiles más cortos reducen los tiempos de parada de los equipos, lo que eleva la tasa de productividad.

Cabe mencionar que actualmente la filosofía SMED de trabajo no sólo, se aplica en los cambios de herramientas y preparaciones de máquinas y equipos de empresas de cualquier ámbito sino también en la preparación y puesta en marcha de quirófanos, preparaciones de embarques aéreos, atención de automóviles de competencia en cualquier otra actividad vinculada a los servicios:

- 1) El tiempo de preparación convirtiéndolo en tiempo productivo.
- 2) Reducir el tamaño de inventario.

- 3) Reducir el tamaño de lotes de producción.
- 5) Reducir costes.
- 6) Tiempos de entrega más cortos.
- 7) Cargar más equilibradas en la producción de intervalo de tiempo.
- 8) Ser más competitivo.

2.4. El sistema SMED: Descripción de sus etapas.

Situación inicial.

Tradicionalmente se cree que los procedimientos de preparación son muy variados y complejos, en función del tipo de industria, la maquinaria equipo y herramientas. Sin embargo si analizamos estos procedimientos en profundidad podemos observar como se requiere siempre una secuencia de operaciones. Dicha secuencia se muestra la Figura 25.

Operación	%Tiempo
Preparaciones, ajustes post - proceso y verificación.	30%
Montar y desmontar útiles	5%
Centrar, dimensionar, y fijar otras condiciones.	15%
Producción de piezas de ensayo y ajustes	50%

Figura 25 - Tabla de porcentaje del tiempo de operaciones.

Preparación, ajustes post proceso y verificaciones. En este primer paso nos aseguramos de que todos los componentes necesarios están disponibles y en perfecto funcionamiento. En este proceso también se incluye el proceso de retirada y limpieza de una pieza realizada en campo.

Montar y desmontar útiles se incluye en la retirada de piezas y herramientas. Una vez concluida el lote que se estaba fabricando se colocan las piezas y herramientas necesarias para el siguiente lote.

Producción de piezas de ensayo y ajustes. Tras realizar una pieza de prueba se efectúan los ajustes pertinentes los ajustes serán más fáciles cuando mayor sea la precisión de las medidas y calibraciones del punto anterior.

Este último punto, producción de piezas ensayo y ajustes. Es el de frecuencia y duración más variable, ya que dependerá de la habilidad del operador. La mayor dificultad de una operación de preparación estriba en el correcto de ajustes del equipo.

Operaciones de cambio que se podrían hacer durante el tiempo de máquina en marcha se hacen a máquina parada. Se tarda mucho tiempo en preparar cada lote: Horas.

En estas operaciones de preparación tradicionalmente se producen diferentes clases de despilfarro:

Productos terminados se transportan al almacén o el siguiente lote de materia prima se extrae del stock después de terminar el lote anterior y con la máquina parada, por lo que se pierde un tiempo precioso al estar la máquina parada y innecesariamente.

Las cuchillas, matrices u otros útiles se entregan después de que la preparación interna ha comenzado o una pieza defectuosa se descubre tras el montaje y pruebas. Como resultado se obtiene el empezar de nuevo el proceso. Además, en estos casos el despilfarro puede ser mayor si ya se han llevado a las partes que no se necesitan al almacén.

En lo que a utillaje se refiere se puede intentar utilizar una plantilla que no tiene la precisión necesaria y necesita ser reparada, los tornillos no aparecen, una tercera no aprieta lo suficiente.

Se puede encontrar muchas circunstancias similares a las descritas, en los que los errores, la falta de disponibilidad o la verificación inadecuada del equipo producen cuantiosos retrasos en las operaciones de preparación.

Los gerentes en las empresas o los ingenieros de producción no dedican, tradicionalmente, su tiempo y conocimiento al análisis de operaciones de preparación. Frecuentemente asignan estas tareas a los trabajadores, asumiendo que son conscientes y pondrán todo por su parte para terminar las preparaciones lo antes posible. (Cruelles Ruiz, 2015)

2.4.1. Etapas del SMED.

2.4.1.1. Primera etapa del SMED separación de operaciones internas y externas.

Un cambio de máquinas es una tarea que, como cualquiera de los otros que se han estudiado, sigue una secuencia de operaciones. Estas operaciones de la tarea de cambio de máquinas se pueden dividir en internas y externas:

Operaciones internas: Son aquellas que hay que hacerlas con la máquina parada. Por ejemplo, un cambio de cuchillas en un turno.

Operaciones externas: Son aquellas que se pueden hacer con la máquina en marcha. La más habitual es el desplazamiento al almacén de utillajes para el siguiente lote.

Es el paso más importante en realización del sistema SMED. Se debe diferenciar entre las preparaciones internas y externas. Se debe hacer un especial esfuerzo y ser meticuloso en la diferencia todas las operaciones que realmente son externas, pues esta diferenciación puede reducir entre un 30% y un 50% del tiempo de preparación interna. (Cruelles Ruiz, 2015)

2.4.1.2. Segunda etapa del SMED: Conversión de tiempos internos en externos.

El siguiente paso es detectar qué operaciones internas pueden realizarse mientras la máquina trabaja y pasar a externas. Esto se consigue con la mejora de métodos o una simple modificación de equipamientos o de útiles.

2.4.1.3. Tercera etapa del SMED. Perfeccionar las operaciones internas y externas.

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de las operaciones de preparación, incluyen todas y cada una de las operaciones elementales (tanto internas como externas). Para esto hay unas acciones tipo que se verían en el siguiente apartado. Además se mejora según los criterios del análisis y mejora de métodos.

A continuación se muestra la Figura 26 el resumen de las tres fases del SMED.

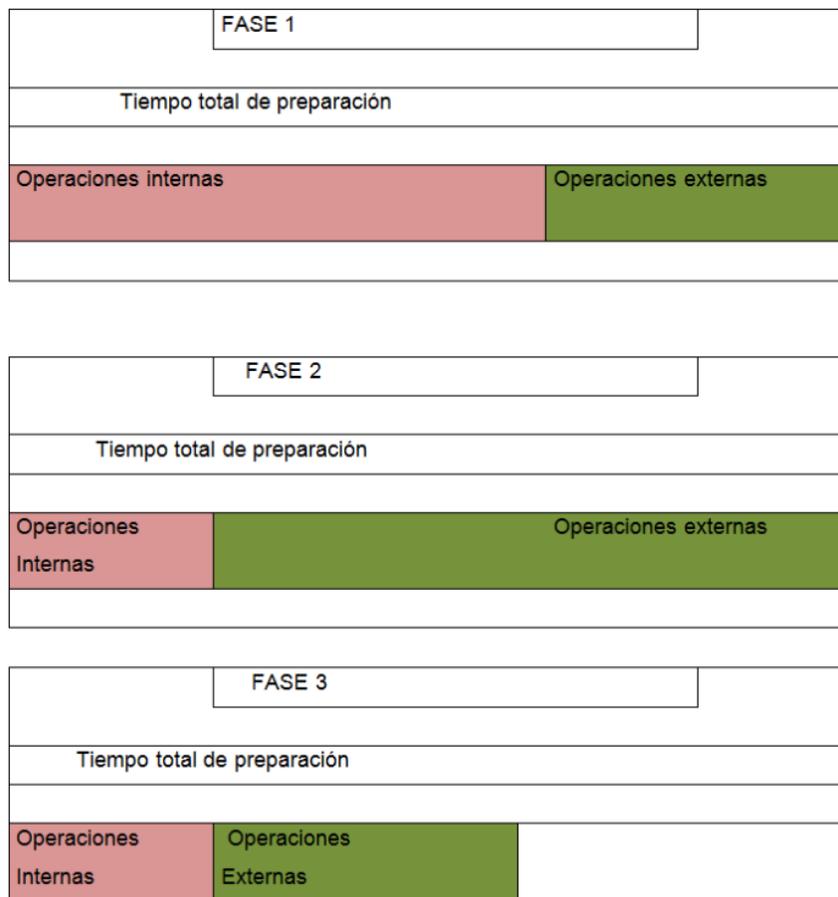


Figura 26 - Reducción del tiempo en las distintas etapas del SMED.

2.5. Técnicas para aplicar el sistema SMED.

En este apartado se tratarán los puntos de mejora para las distintas etapas definidas para el SMED.

2.5.1 Primera etapa.

Separación de las operaciones internas y externas. Las técnicas que se exponen a continuación son muy útiles para asegurar que las operaciones que se pueden realizar externamente se efectúan, efectivamente, cuando la máquina está en marcha:

Empleo de la lista de comprobación. Las listas de comprobación o check list son muy efectivas a la hora de comprobar que todas las partes y pasos necesarios para comenzar a trabajar están disponibles. Una lista de comprobación debe incluir:

- 1) Nombre de participantes.
- 2) Especificaciones.
- 3) Herramientas necesarias.
- 4) Presión temperatura y otras variables.
- 5) Valores numéricos de todas las medidas y dimensiones.

Con una lista se podrán hacer comprobaciones, garantizando que no haya errores, de esta manera, no dando nada, por supuesto se evitarán muchas pérdidas de tiempo. Es importante establecer una lista de comprobación para cada máquina, evitando utilizar una única lista para toda la fábrica, ya que será muy confusa, haría perder mucho tiempo y, en consecuencia nunca se utilizarían.

Realización de comprobaciones funcionales. Las listas de comprobación son muy efectivas, para asegurarnos de que todo está, donde debería estar, pero no nos asegura de que los medios se encuentran en perfecto estado de funcionamiento. Por lo tanto será necesario durante la preparación externa realizar comprobaciones funcionales. Son fallas frecuentes descubrir que cierta herramienta no funciona adecuadamente o que una plantilla no tiene la presión requerida. Estos fallos nos conducirán inevitablemente a una pérdida de tiempo.

Mejora de transporte de útiles y otras piezas. Los útiles auxiliares han de ser transportados desde el almacén hasta la máquina y, una vez utilizados, serán devueltas a su posición inicial. (Cruelles Ruiz, 2015)

2.5.2. Segunda etapa.

Convertir las operaciones internas en externas para llevar a cabo esta metodología no podemos limitarnos a ver los problemas y sus soluciones desde el punto de vista de sistemas SMED. Debemos hacer uso de herramientas de mejora existentes y otros instrumentos ya en uso. Pero debe quedar clara la creatividad y llegados a este punto, es un componente fundamental, pues las situaciones a las que podemos enfrentarnos son innumerables y no existe un libro en el que se pueda tratar todas, además de que los avances tecnológicos van cambiando las posibles soluciones.

Cómo se verá en los ejemplos siguientes la tarea de preparación sigue un método operación igual. Se puede trabajar para dar cumplimiento a estas fases no obstante algunos puntos de mejora de esta etapa por lo que se puede empezar a trabajar son:

- a) Reevaluar y comprobar que no se ha dado ningún paso erróneo en la fase preliminar.
- b) Pre reglaje de herramientas.
- c) Eliminación de ajustes: las operaciones de ajustes representan entre 50% - 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo para recortar el tiempo de preparación.

Los ajustes se asocia normalmente con la posición relativa de las piezas útiles auxiliares, pero una vez hecho el cambio, se demora un tiempo en lograr fabricar la primera unidad válida. Se llama ajuste en realidad a las no conformidades que, a base de prueba y error, van surgiendo hasta hacer que el producto reúna las especificaciones necesarias (además se emplea una cantidad extra de material).

La partida de la base de los mejores ajustes son los que no se necesita, por eso se recurre a fijar las posiciones. Se busca recrear las mismas condiciones que la última vez que se fabricó. Con muchos ajustes pueden ser realizados con la máquina en

marcha, se recomienda que todos los huecos sean estándar, para precisar el espacio requerido para acomodar las diferentes útiles. (Cruelles Ruiz, 2015)

2.5.3. Tercera etapa:

Perfeccionar todos los aspectos de las operaciones de preparación.

Después de haber concluido la primera etapa (separación de las operaciones internas y externas) y la segunda (conversión de operaciones internas en externas), se puede proceder a realizar mejoras en las operaciones elementales de preparación. Que si bien se puede someter, como método operación que son, el análisis de métodos y las propuestas de mejora. Se aportan a continuación soluciones tipo para el SMED.

2.6 Propuesta de mejora para las operaciones de preparación externa.

Se puede conseguir mejora el almacenaje y el transporte de piezas y útiles. Para los temas de pequeñas herramientas, útiles, plantillas y calibres, es vital considerar en la forma de gestionar todos estos elementos. Es necesario preguntarse cuestiones como las siguientes:

- a) ¿Cuál es el mejor método de organizar todos estos elementos?
- b) ¿Cómo podemos tener todos estos elementos en perfectas condiciones y listos para la operación siguiente?
- c) ¿Cuál de estos elementos hay que tener en stock?

Con el siguiente ejemplo explicaremos un método para mejorar el almacenaje y transporte interno:

Las operaciones de almacenaje y transporte interno de útiles pueden consumir mucho tiempo y especialmente si la empresa mantiene un gran número de útiles. El almacenaje y transporte puede mejorar marcando las útiles con códigos de color y números de localización de los estantes dónde deben estar colocados, tal y como se muestra en la Figura 27. (Cruelles Ruiz, 2015)



Figura 27 - Colocación de útiles para el cambio de máquina.

El método se puede mejorar más si se sigue un orden lógico en la colocación de los útiles en el estante, situación de forma más accesible las herramientas con mayor frecuencia. La solución para mejorar las preparaciones externas son:

Se trata de implementar 5S para utillajes y herramientas.

Aplicar reglas de la economía de movimientos y reducir desplazamientos. En general aplicar el análisis y mejora de métodos para reducir los tiempos. En la Figura 28 se muestra la aplicación de las 5S. (Cruelles Ruiz, 2015)



Figura 28 - Orden de herramientas mediante la aplicación de las 5S.

2.7. Propuesta de mejora para las operaciones de preparación interna.

Algunas de las acciones encaminadas a la mejora de operaciones internas más utilizada por el sistema SMED son:

- a) Ejecución de operaciones en paralelo. Las operaciones que necesitan más de un operario ayudan mucho acelerar algunos trabajos. Con dos operarios, una operación que consume 12 minutos, no quedará completada en 6, sino quizás en 4, gracias a los ahorros de movimiento que se tiene.
- b) Utilización de anclajes funcionales. Son dispositivos que sujetan quizás sirven para mantener los objetos fijos en un lugar con un mínimo esfuerzo (abrazaderas, mordazas).
- c) Estandarización de las tareas. Los procedimientos de preparación se estandarizan y se reflejarán por escrito, deben estar visibles en la pared para que puedan ser consultadas, por los operarios implicados.
- d) Estandarización de funcionales. Igualando las cotas funcionales varios útiles auxiliares para reducir el tiempo de preparación. Se usarán espaciadores en las cotas que son más cortas o se rebajará en la pieza en las cotas que son más largas que las elegidas como estándar. Utilización de patrones y plantillas de precisión para minimizar el tiempo de ajuste.

Elementos de fijación rápida.

Sustituyendo los sistemas de fijación con pernos y tuercas por otros más rápidos y se reduzcan la posibilidad de pérdida de tiempo por cualquier incidencia (roturas o pérdidas)

Útiles complementarios. Por ejemplo, para fijar una Broca a un cabezal de un torno o para fijar el troquel a una prensa, se pueden diseñar útiles, intermedios que permitan realizar las tareas de calibración y ajustes fuera de la máquina.

Automatizar, mecanizar procesos. Sistemas hidráulicos, neumáticos, detectores de posición, sistema de visión artificial, etc.

Colocar una máquina de baja capacidad y flexibilidad en paralelo con las de gran capacidad.

Se explica en el siguiente apartado en las preparaciones tradicionales a menudo se usan tornillos para sujetar útiles herramientas directamente a la máquina. Sin embargo, en las preparaciones que aplica el sistema SMED, los tornillos se consideran enemigos esto es consecuencia de los siguientes razonamientos:

Los tornillos y tuercas se aflojan se pueden caer desaparecer debajo de las máquinas o rodar hasta huecos o rejillas del suelo.

Los tornillos no armonizan. Los pernos y los tornillos en general no siempre están estandarizados. Encontrar y ajustar los pernos o tuercas correctamente supone invertir tiempo en búsquedas, lo que se traduce en despilfarro.

Lo más importante es que consume demasiado tiempo apretar los tornillos.

A continuación se muestra distintas propuestas para mejorar, o directamente sustituir los tornillos tradicionales.

La primera sería reducir su número en las piezas a fijar. Se debe realizar una meticulosa consideración de la magnitud y dirección de las fuerzas actuantes. En el ejemplo pasaremos de 10 tornillos a 4 como se muestra en la Figura 29.

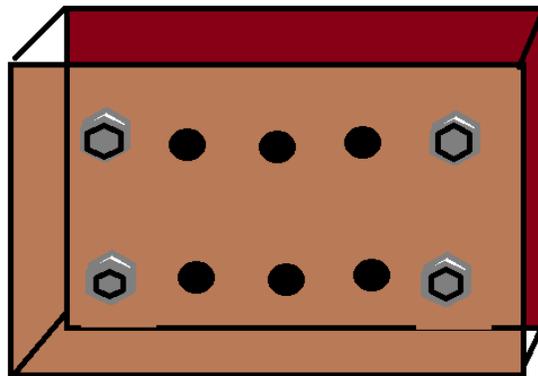


Figura 29 - Reducción del número de tornillos.

Cuando la presión o fuerza ejercida sobre la pieza es muy grande y no se puede reducir el número de tornillos, utilizar orificios con forma de pera, consigue que los tornillos de cualquier pieza se suelten con una única vuelta Figura 30. (Cruelles Ruiz, 2015)

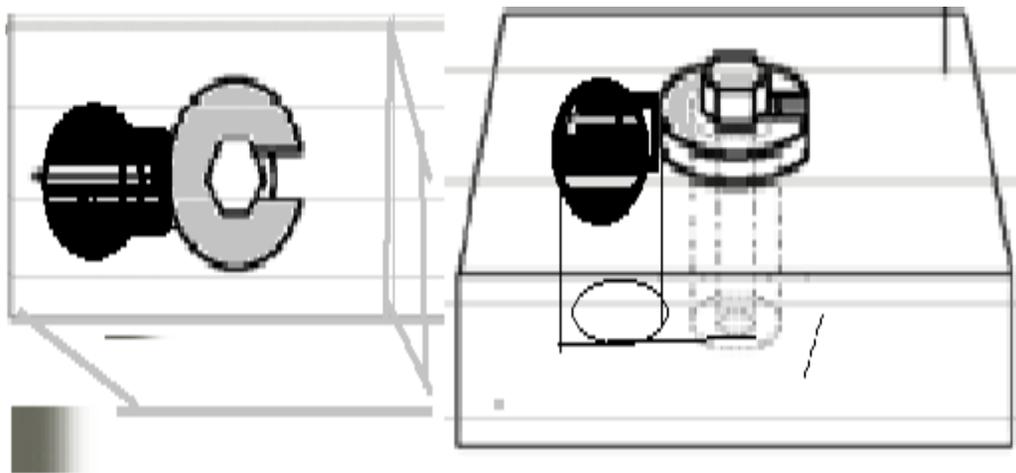


Figura 30 - Tornillo de una vuelta.

2.8. La correcta elección de la máquina: El mejor cambio es el que no se hace.

Se ha estado tratando de cómo mejorar el cambio de la máquina pero ¿y si no fuera necesario hacer tales cambios? Los fabricantes se han obsesionado con la adquisición de máquinas de gran capacidad de producción. Estas máquinas se les han vendido en ferias de muestras en las que El vendedor lo tenía todo absolutamente preparado para que la máquina funcionase a toda velocidad y sin parar. El problema ha venido cuando este equipo se ha instalado en la fábrica y se ha topado con un mix de producción cada vez más variado y con lotes cada vez más pequeñas, en estas circunstancias una frase habitual es estamos más tiempo cambiando los formatos que produciendo.

Generalmente, cuando más capacidad tiene una máquina más tiempo se necesita para hacer sus cambios de utillajes. De tal manera que a la hora de decantarse por una máquina u otra hay que tener muy en cuenta no sólo su capacidad de producción, sino también su flexibilidad en los cambios.

Una solución de bajo coste a los cambios de máquinas para las pequeñas lotes ocasionales puede ser la colocación en paralelo a la máquina de gran capacidad de una máquina más económica y de mucha menor capacidad, pero con unos tiempos de cambio muy inferiores también y que, paradójicamente, en función de los tamaños de lote, producirá más.

Las fábricas suelen guardar las máquinas antiguas y de menor capacidad en una nave auxiliar para este fin. En ocasiones recuperar estas máquinas o ponerlas en paralelo con la de gran capacidad puede ser muy útil para derivar la producción a una u otra en función del tamaño de lote, pedidos especiales y urgentes, etc. (Cruelles Ruiz, 2015)

2.9. Disponibilidad del equipo para producción.

Muchas plantas reportan que el tiempo muerto es el origen más grande de las pérdidas de ingresos y de oportunidades de ganancia, e incluso las pequeñas mejoras en la disponibilidad pueden producir grandes mejoras en el margen de las ganancias.

La disponibilidad se define generalmente como un porcentaje del tiempo de producción programada que excluye el tiempo muerto programado para mantenimiento y otros fines. (Cruelles Ruiz, 2015)

2.9.1. Disponibilidad:

La disponibilidad = Tiempo de producción real / Tiempo de producción programado.

2.9.2. Tiempo muerto.

Tiempo muerto se define como el tiempo en el cual la máquina debería haber producido pero no lo ha hecho es decir ningún producto sale de la máquina por:

- a) **Avería o falla:** Genera una pérdida en el tiempo de producción en la causa de este defecto puede ser técnica y organizativa por ejemplo error al operar la máquina mantenimiento sobre el equipo.
- b) **Esperas:** El tiempo de producción se reduce también cuando la máquina está en espera, la máquina puede quedarse en el estado de espera por varios motivos, por ejemplo: debido a un cambio por mantenimiento o por un paro para ir al descanso de los trabajadores, un cambio de modelo por lo que la máquina nuevamente tiene que apagarse durante algún tiempo o cambiar alguna herramienta.

2.9.3. Pérdida de velocidad:

Una pérdida de velocidad implica que la máquina está funcionando pero no a su velocidad máxima, existen dos tipos de pérdidas de velocidad micro paradas y velocidad reducida.

2.9.4. Pérdida de la calidad:

La pérdida de la calidad ocurre cuando la máquina fábrica productos que no son buenos a la primera se diferencian en dos tipos:

- a) **Desechos o Scrap:** Son aquellos productos que no cumplen los requisitos establecidos por la calidad e incluso aquellos que no habiendo cumplido dichas especificaciones inicialmente pueden ser vendidos como productos de calidad menor. El objetivo es cero defectos fabricar siempre los productos de primera calidad desde la primera vez.
- b) **Retrabado:** Son productos que no cumplen los requisitos de calidad desde la primera vez, pero pueden ser reprocesados y convertirse en productos de buena calidad.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Población o muestra

El muestreo es una estrategia diseñada para la estimación de un parámetro o medida poblacional. Una forma de obtener las características de una población es seleccionar una muestra que permita explorar los resultados a la población o universo.

En la empresa manufacturera de equipos electrónicos, se tomó para implementar el método SMED en la estación de pruebas 045 del departamento de pruebas eléctricas, ha sido seleccionada concretamente en esta estación.

3.2. Tipo de estudio

Se tomó el estudio de campo, ya que el proyecto se desarrollara concretamente en la estación de pruebas 0045 del departamento de pruebas eléctricas.

3.3. Plan de análisis de datos

Mediante el software Glovia G2 V.3.1 se analizará los datos de los tiempos de cambio de modelo de las veinte estaciones y se comparará con la implementación del SMED de la estación de pruebas 0045 y se observará la diferencia entre los diferentes modelos, para la reducción de los tiempos de cambio de esta forma se establecerá un tiempo estándar para todas las unidades que se validen en la estación de pruebas 0045.

3.4. Estudio de tiempos y movimientos.

Para iniciar el presente estudio es importante conocer las condiciones actuales en las que se está desarrollando los cambios de materiales y set up de la estación de prueba 045 en la preparación para ir de acuerdo con la metodología, se arranca con la etapa preliminar es decir, todo referente al levantamiento de información general y registro de tiempos, etc.

Para el estudio preliminar se aplicó la metodología de evidencia objetiva misma que se realizó durante turno completo, junto con los operarios de la estación de prueba y personal de soporte. Los apuntes que se tomaron de esta etapa fueron procesadas y comparadas con los ya existentes de esta manera se pudo obtener la información requerida para iniciar el estudio de cambios y se up de la estación como puede verse en el presente capítulo.

El levantamiento de información se realizó en el departamento de pruebas eléctricas donde se validan las diferentes unidades y cuenta con la estación de pruebas 045 se implementa el método SMED. En la figura 31 se muestra el departamento de pruebas eléctricas y la figura 32 muestra las estaciones donde se validan las unidades.



Figura 31 - Departamento de Pruebas Eléctricas.



Figura 32 - Estaciones de Pruebas.

3.4.1. Layout del departamento de pruebas eléctricas.

El departamento de pruebas eléctricas cuenta con 20 estaciones o jaulas donde se validan las unidades. La estación 045 está marcada de color rojo en el layout de la figura 33 es donde se implementara el método SMED.

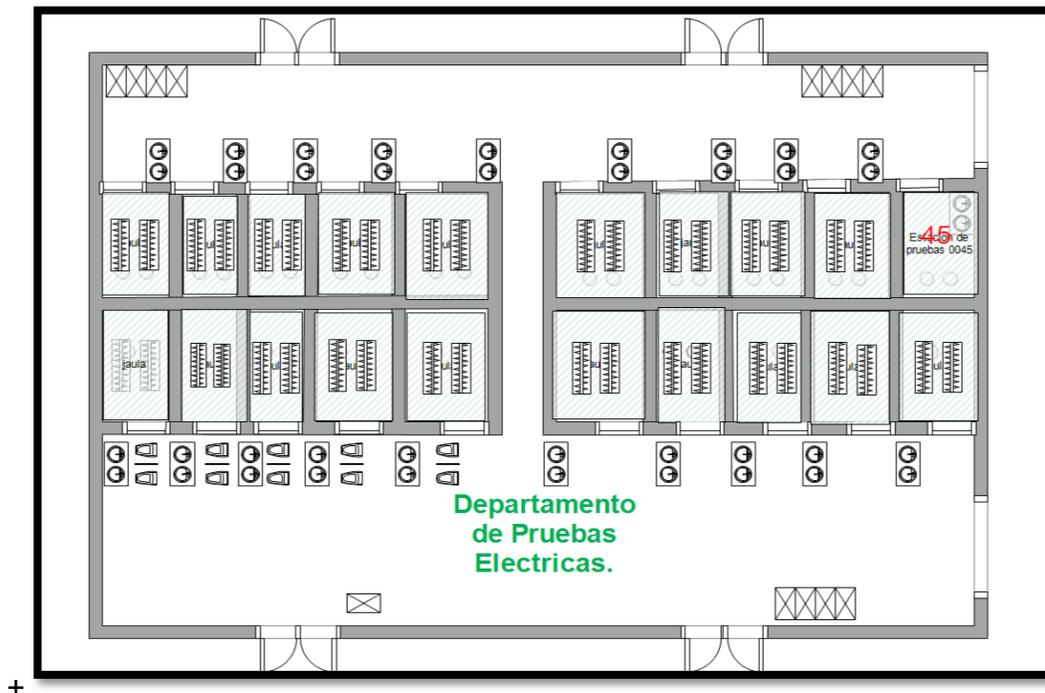


Figura 33 - Layout del departamento de pruebas eléctricas.

3.4.2. Matriz del equipo necesario para las pruebas de la estación 045.

En la figura 34 se muestra una matriz del registró de los equipos que requiere la estación de prueba para realizar la validación de las unidades y además las distintas pruebas que se realizan en ella, como son: Pretest, Burn in, Finaltest.

Fuentes de HV	Tipos de pruebas que requiere la unidad		
	PT Prueba general / Pretest	BI Quemado/Burn in	FT Prueba Final /Finaltest
Familia A X3815	Requiere pretest	Requiere quemado	Requiere Finaltest
Familia B X4429	Requiere pretest	Requiere quemado	Requiere Finaltest
Familia C X3338	Requiere pretest	Requiere quemado	Requiere Finaltest
Familia D	Requiere pretest	Requiere quemado	Requiere Finaltest

Figura 34 - Tipos de pruebas que requieren las unidades.

3.4.3 Matriz de la Familia A.

Se muestra en la figura 35 los equipos que se requieren para la validación de la familia A durante las pruebas de pretest (PT), burn in (BI) y finaltest (FT).

	Si se requiere		No se requiere	
Familia A	PT		BI	FT
línea 400vac	*		*	*
variac a 500vac	*		*	*
línea 220	*		*	*
línea 110vac	*		*	*
Simulador	*		*	*
computadora	*		*	*
multímetros	*		*	*
osciloscopio	*		*	*
carga de 197kohm	*		*	*
carga de 120kohm				*
HVD	*		*	*
cables HV	*			*
ripple check				*
Tubo x-ray				*
Contador			*	

Figura 35 - Equipo necesario para la validación de la Familia A.

3.4.4. Matriz de la Familia B.

Se muestra en la figura 36 los equipos que se requieren en la estación 045 para la validación de la familia B de fuentes de alto voltaje durante las pruebas de pretest (PT), burn in (BI) y finaltest (FT).

Familia B	PT		BI		FT
línea 400vac	*		*		*
variac a 500vac	*		*		*
línea 220vac	*		*		*
línea 110vac	*		*		*
Simulador	*		*		*
computadora	*		*		*
multímetros	*		*		*
osciloscopio	*		*		*
carga de 140kohm	*		*		*
carga de 90kohm					*
HVD	*		*		*
cables HV	*				*
ripple check					*
Tubo x-ray					*
Contador			*		

Figura 36 – Equipo necesario para la validación de la familia B.

3.4.5 Matriz de la Familia C.

Se muestra en la figura 37 los equipos que se requieren para la validación de la familia C de fuentes de alto voltaje durante las pruebas de pretest (PT), burn in (BI) y finaltest (FT).

Familia C	PT		BI		FT
línea 480vac	*		*		*
Variac a 600vac	*		*		*
línea 220	*		*		*
línea 110vac	*		*		*
Simulador	*		*		*
computadora	*		*		*
multímetros	*		*		*
osciloscopio	*		*		*
carga 140kohm	*		*		*
carga de 90kohm					*
HVD	*		*		*
cables HV	*				*
ripple check					*
Tubo x-ray					*
Contador			*		

Figura 37 - Equipo necesario para la validación de la familia C.

3.4.6. Matriz de la Familia D.

En la figura 38 se muestran los equipos necesarios para la validación de la familia D de fuentes de alto voltaje durante las pruebas de pretest (PT), burn in (BI) y finaltest (FT) en la estación de pruebas 045. Las unidades de la familia D requiere de las tres pruebas PT, BI y FT en la lista se marca de color verde los equipos que son requeridos y de color rojo los que no se requieren.

Familia D	PT		BI		FT
línea 480vac	*		*		*
Variac a 600vac	*		*		*
línea 220	*		*		*
línea 110vac	*		*		*
Simulador	*		*		*
computadora	*		*		*
multímetros	*		*		*
osciloscopio	*		*		*
carga 150kohm	*		*		*
carga 120kohm					*
HVD	*		*		*
cables HV	*				*
ripple check					*
Tubo x-ray					*
Contador			*		

Figura 38 – Equipo necesario para la validación de la familia D.

3.5. Demanda de unidades de las familias A, B, C y D 2015 – 2017.

En la siguiente actividad se tomaron los datos de las unidades procesadas durante los años 2015 al 2017 de las Familias de fuente de poder A, B, C y D del departamento de pruebas.

3.5.1. Demanda de unidades de la familia A 2015 – 2017.

En la figura 39 muestra los datos de la familia A. En el año 2015, se puede apreciar que la demanda de unidades es de 828, 2016 fue de 924 unidades y 2017 aumento a 1412 unidades.

FAMILIA A												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2015
60	60	72	72	72	60	60	60	60	84	84	84	828
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2016
84	84	60	72	84	60	84	84	60	84	84	84	924
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2017
112	112	128	128	112	128	112	128	112	128	128	84	1412
Familia A	Total 2015	Total 2016	Total 2017									
unidades d	828	924	1412									

Figura 39 - Demanda de unidades del a familia A 2015 – 2017.

En la figura 40 se muestra una gráfica de la demanda de la familia A. Se puede apreciar que aumento la demanda de 828 unidades a 1412 unidades durante el 2015 al 2017.

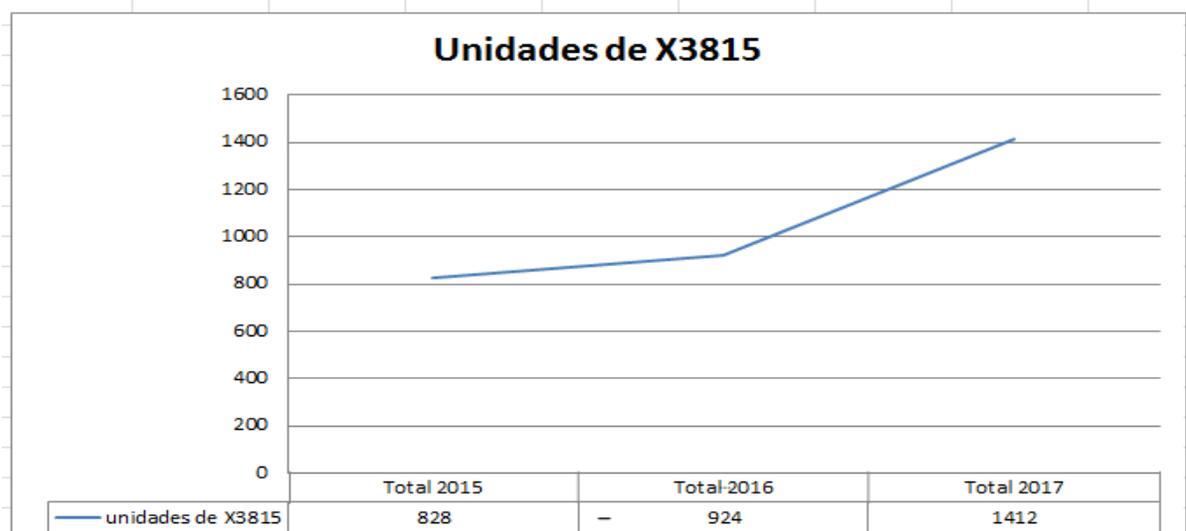


Figura 40 - Gráfica de la demanda de unidades de la familia A durante 2015 - 2017.

3.5.2. Demanda de unidades de la familia B 2015 – 2017.

Se muestra en la figura 41 los datos de la familia B. La demanda de unidades, en el año 2015 era de 680 unidades, 2016 de 726 unidades y 2017 de 480 unidades, se puede apreciar en la figura 41 una gráfica de la caída drástica de la demanda durante el año 2017.

FAMILIA B												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2015
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	40	680
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2016
60	72	72	72	60	60	60	60	60	60	60	30	726
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2017
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	480
Familia B	Total 2015	Total 2016	Total 2017									
X4429	680	726	480									

Figura 41 - Demanda de unidades de la familia B durante el 2015 - 2017.

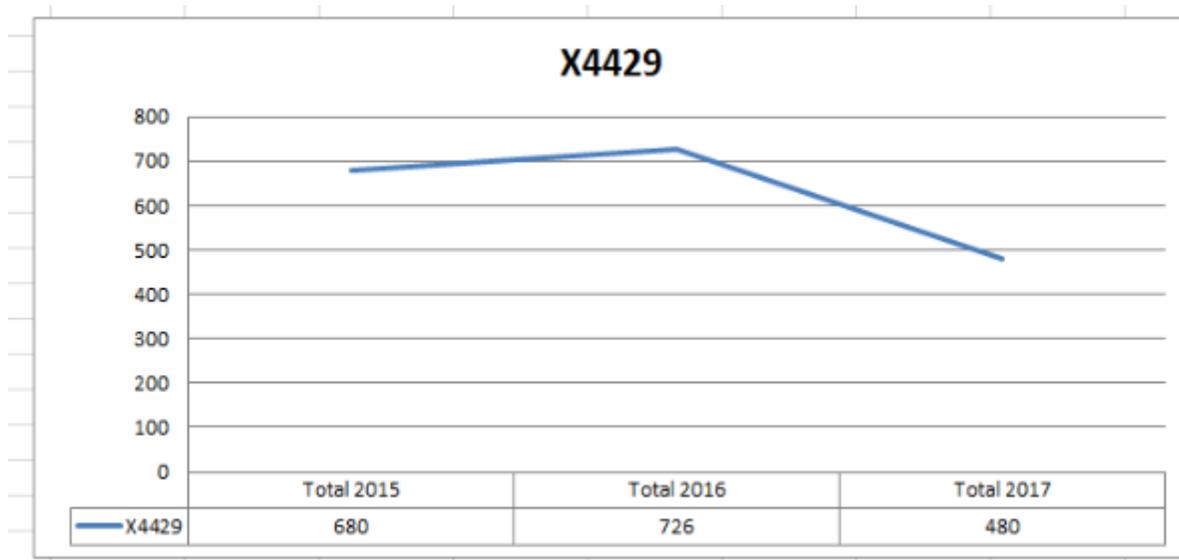


Figura 42 - Gráfica de la demanda de unidades de la familia B durante el año 2015 - 2017.

3.5.3. Demanda de unidades de la familia C 2015 – 2017.

En la figura 43 y 44 se muestran los datos de la familia C. Se observa que la demanda ha disminuido en el año 2016 y se recuperó durante el 2017.

FAMILIA C												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2015
60	60	60	60	60	84	60	60	60	84	60	60	768
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	60	Diciembre	Total 2016
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	15	30	645
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2017
60	84	60	60	84	84	60	60	60	60	60	60	792
Familia C	Total 2015	Total 2016	Total 2017									
X3338	768	645	792									

Figura 43 - Demanda de unidades de la familia C durante 2015 – 2017.

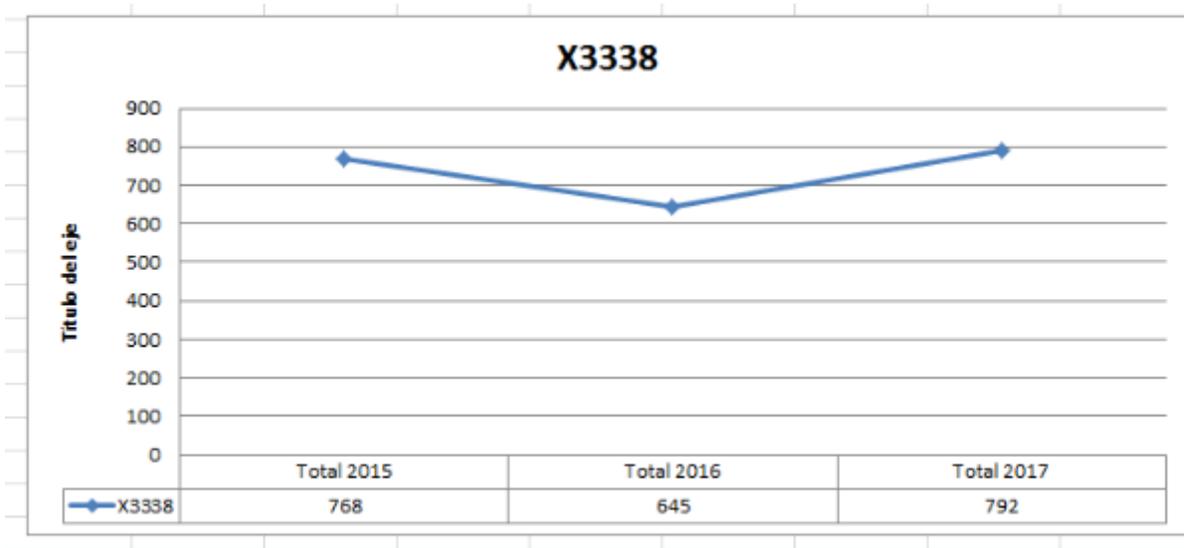


Figura 44 - Gráfica de la demanda de unidades de la familia C durante 2015-2017.

3.5.4. Demanda de unidades de la familia D 2015 – 2017.

Se muestra en la figura 45 los datos de la demanda de unidades de la familia D durante el año 2015 al 2017 y en la gráfica de la figura 46 se puede observar que la demanda ha aumentado de 816 a 1512 unidades casi al doble en el 2017.

FAMILIA D												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviemb	Diciembre	Total 2015
60	60	60	84	60	60	84	60	60	60	84	84	816
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviemb	Diciembre	Total 2016
84	84	60	60	60	84	60	60	60	84	60	30	786
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviemb	Diciembre	Total 2017
84	112	112	112	168	84	112	112	168	112	168	168	1512
Familia D	Total 2015	Total 2016	Total 2017									
X3950	816	786	1512									

Figura 45 - Demanda de unidades de la familia D durante 2015-2017.

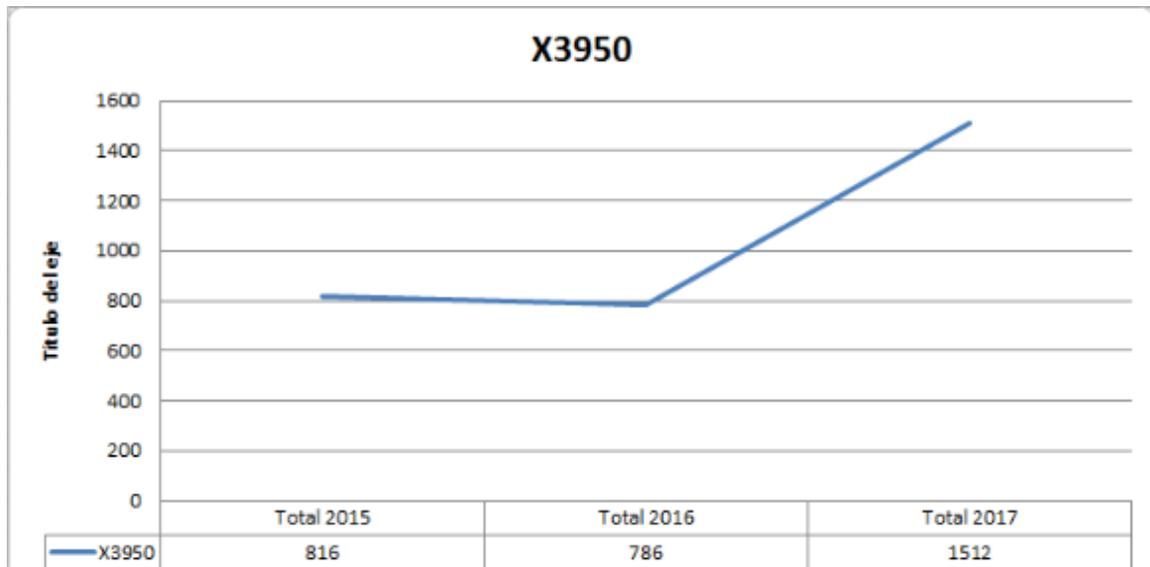


Figura 46 - Gráfica de la demanda de unidades de la familia D durante 2015-2017.

3.5.5. Introducción de nuevos productos 2015 – 2017.

Se observa en la figura 47 y 48 los datos de la introducción de nuevos productos a nivel planta. La introducción de los nuevos productos se interrumpió durante el año 2016, pero en el año siguiente se triplicó del total de las unidades de NPI del 2017. Al departamento de pruebas eléctricas le corresponde el 10% de los NPI.

NUEVOS PRODUCTOS												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	2	Noviembre	Diciembre	Total 2015
5	2	5	10	5	6	4	4	2	3	2	6	54
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2016
7	5	1	2	0	1	0	1	1	0	1	1	20
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2017
10	5	3	5	3	11	6	7	9	3	6	9	77
	Total 201	Total 201	Total 2017									
NPI	54	20	77									

Figura 47 - Introducción de nuevos productos durante 2015-2017.

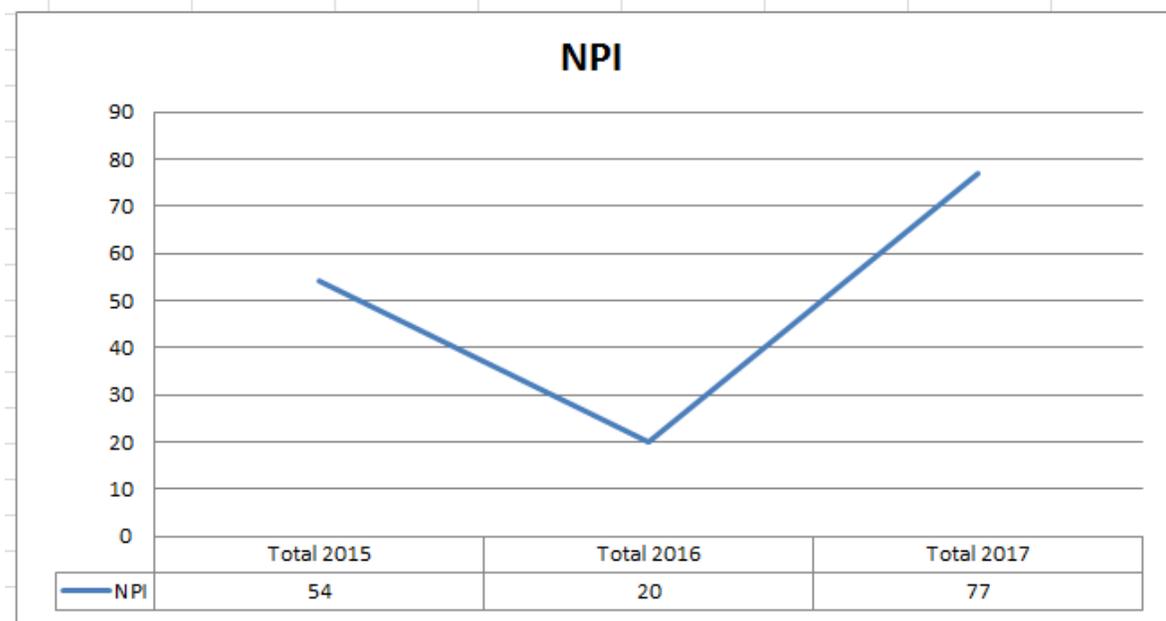


Figura 48 - Grafica de la introducción de nuevos productos durante 2015-2017.

En la gráfica de la figura 49 se muestra el porcentaje de las unidades procesadas en departamento de pruebas durante el año 2017.

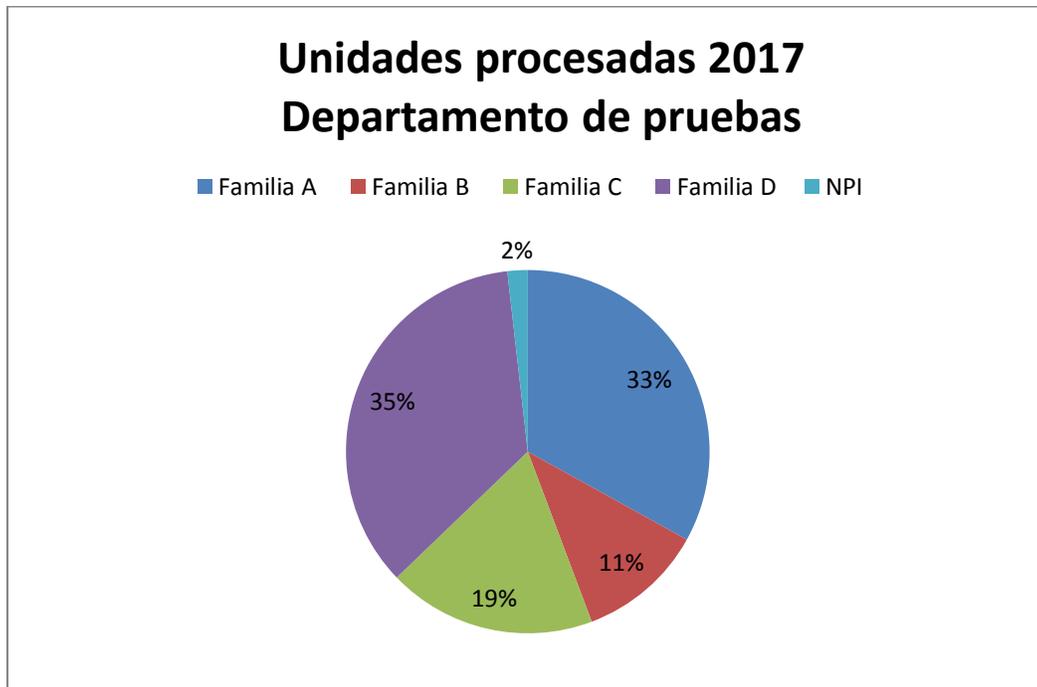


Figura 49 - Unidades procesadas durante el 2017 en el departamento de pruebas eléctricas.

3.6. Estrategias implementadas.

De los datos anteriores de las familias A, B, C, D y NPI se desarrollan las estrategias para implementar la metodología SMED en la estación de pruebas 045 y de esta forma se reducirán los tiempos de cambio de modelo. En cada estrategia se analizará los grupos de trabajo, los tiempos de cambio de modelo, las observaciones, las mejoras y la eliminación de pasos.

3.6.1 Estrategia 1.

Durante el desarrollo de las estrategias fue necesario organizar al personal como se muestra en la figura 50.

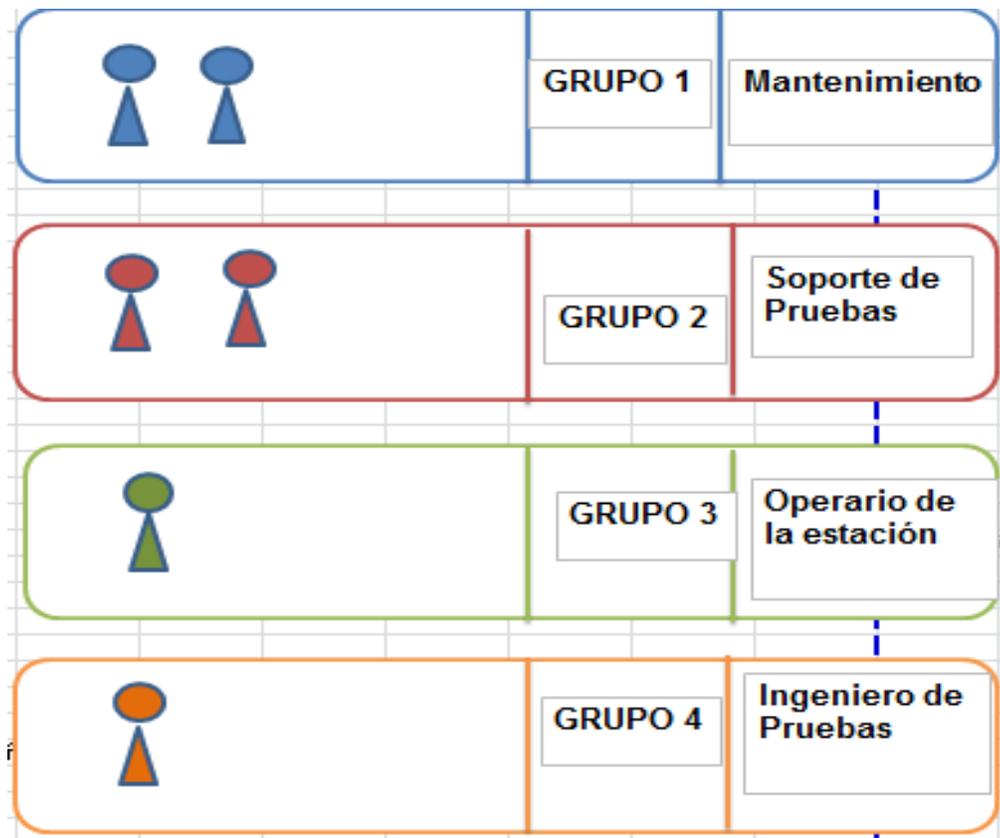


Figura 50 - Organización del personal en grupos durante la estrategia 1.

3.6.1.2. Distribución del personal EST1.

Distribución del personal para la configuración del cambio de modelo de la estación de pruebas 45.

Mantenimiento: Es la persona encargada de las instalaciones eléctricas, como son cortar la línea viva, hacer las bajadas de las líneas de 120vac, 220vac y 480vac.

Soporte de prueba. Es la persona encargada del mantenimiento de la estación de prueba.

Operario de las Estaciones. Es el encargado de la verificación de la calibración de la instrumentación durante la prueba.

Ingeniero de pruebas. Es el personal encargado de Instalar los instrumentos de medición durante la prueba, las conexiones correspondientes según el número de

modelo y la liberación de la estación de pruebas cuando ha cumplido las especificaciones del cambio de modelo.

3.6.1.3. Desarrollo de la estrategia 1.

La actividad es realizada por 2 personas de mantenimiento, 2 personas de soporte de pruebas, 1 operario de la estación y 1 ingeniero de pruebas como se muestra en la figura 51. El problema se presenta en el tiempo de preparación de las líneas de alimentación de la estación.

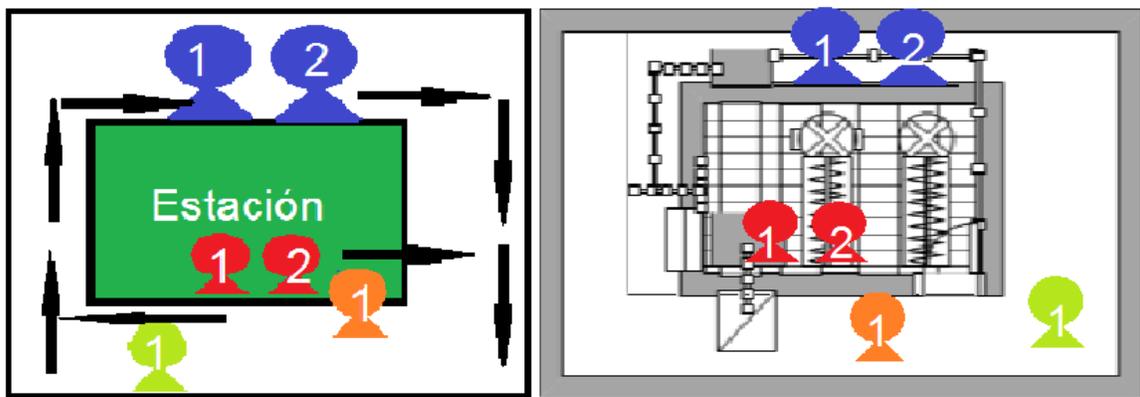


Figura 51 - Ubicación de las actividades de los grupos durante la estrategia 1.

3.6.1.4. Grupos de la estrategia 1.

Grupo 1. Se encarga principalmente de cortar la línea, hacer la configuración de las líneas de 480vac, 220vac y 120Vac que se encuentra sobre la estación.

Grupo 2. Su actividad es desconectar los instrumentos que están dentro de la estación como son las cargas resistivas, risos, HVD, cargas de filamento, tubo de rayos X, cables de HV y el variac. Esto para conectar los nuevos instrumentos de otro modelo que se va a probar en la estación.

Grupo 3. Su función es desconectar la unidad que se esté probando, apagar o desconectar los instrumentos que se encuentran en el exterior de la estación.

Grupo 4. Es la persona responsable de evaluar el cambio de modelo de la estación realice correctamente.

3.6.1.5. Estudios de tiempos de la estrategia 1.

El estudio de tiempos de la estrategia 1 se muestra en la lista de la figura 52 y 53. Se desarrolló un estudio de Tiempos para el cambio de modelo de la estrategia 1 que comprende los movimientos internos y externos, consta de 77 pasos de actividades que son remover e instalar. Sumadas dan 804 minutos para realizar el cambio de modelo de la estación de pruebas 045.

Estudio de tiempos				
Paso	Descripción de la operación	Tiempo en Minutos	Estado	Clasificaciones
1	Presionar el paro de emergencias	1	R E M O V E R	INTERNA
2	Cortar la línea de AC de la estación	3		INTERNA
3	Colocar candados en la cuchilla de la estación	4		INTERNA
4	colocar la escalera	5		EXTERNA
5	Subir arriba de la estación de pruebas	6		EXTERNA
6	Cortar la línea de AC del Transformador Principal	10		INTERNA
7	Colocar candados en la cuchilla del transformador principal	4		INTERNA
8	Hacer la bajada de la línea de 480 a 220	165		INTERNA
9	Desconectar los cuatro cables AC del variac	23		INTERNA
10	Desconectar la tierra del simulador	4		INTERNA
11	Desconectar los 4 cables del simulador J1, J2 ,J3, J4.	6		INTERNA
12	Retirar el simulador de la charola	10		INTERNA
13	Retirar la charola del variac	32		INTERNA
14	Retirar el variac de la estación	3		INTERNA
15	Quitar 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6		INTERNA
16	Retirar la puerta de la estación	20		INTERNA
17	desconectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10		INTERNA
18	Desconectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos X	15		INTERNA
19	Desconectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos X	15		INTERNA
20	Remover el tubo de rayos X	20		INTERNA
21	Desconectar el cable de GND de la carga de Ánodo	5		INTERNA
22	Desconectar el cable de alto voltaje de la carga de Ánodo	6		INTERNA
23	desconectar el ventilador de la carga de Ánodo	4		INTERNA
24	Retirar la carga de Ánodo.	16		INTERNA
25	Desconectar el cable de GND de la carga de Cátodo	5		INTERNA
26	Desconectar el cable de alto voltaje de la carga de Cátodo	6		INTERNA
27	desconectar el ventilador de la carga de cátodo	4		INTERNA
28	Retirar la carga de cátodo.	16		INTERNA
29	Retirar GND del HVD de Ánodo	4		INTERNA
30	Retirar BNC del HVD de Ánodo	3		INTERNA
31	Retirar HVD de Ánodo de la estación	6		INTERNA
32	Retirar GND del HVD de cátodo	4		INTERNA
33	Retirar BNC del HVD de cátodo	3		INTERNA
34	Retirar HVD de Cátodo de la estación	6		INTERNA

Figura 52 - Estudio de tiempos de la estrategia 1 (Remover).

Estudio de tiempos					
Pasc	Descripción de la operación	Tiempo en Minutos	Estado		
35	Instalar HVD de Cátodo en la estación para el nuevo modelo	6	I N S T A L A R	INTERNA	
36	Colocar BNC del HVD de cátodo	3		INTERNA	
37	Colocar GND del HVD de cátodo	4		INTERNA	
38	Instalar HVD de Ánodo en la estación para el nuevo modelo	6		INTERNA	
39	Colocar BNC del HVD de Ánodo	3		INTERNA	
40	Colocar GND del HVD de Ánodo	4		INTERNA	
41	Instalar la carga de cátodo para el nuevo modelo	16		INTERNA	
42	colocar el ventilador en la carga de cátodo	4		INTERNA	
43	conectar el cable de alto voltaje de la carga de Cátodo	6		INTERNA	
44	Conectar el cable de GND en la carga de Anodo	5		INTERNA	
45	Instalar la carga de Ánodo del nuevo modelo	16		INTERNA	
46	Instalar el ventilador en la carga de Ánodo	4		INTERNA	
47	Conectar el cable de alto voltaje de la carga de Ánodo	6		INTERNA	
48	Conectar el cable de GND en la carga de Cátodo	5		INTERNA	
49	Instalar el tubo de rayos X para el nuevo modelo	20		INTERNA	
50	Conectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos X	15		INTERNA	
51	Conectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos X	15		INTERNA	
52	Conectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10		INTERNA	
53	Instalar la puerta de la estación	20		INTERNA	
54	Colocar los 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6		INTERNA	
55	Instalar el variac de la estación	32		INTERNA	
56	Colocar la charola del variac	10		INTERNA	
57	Colocar el simulador en la charola	5		INTERNA	
58	Conectar los 4 cables del simulador J1, J2, J3, J4.	6		INTERNA	
59	Conectar la tierra del simulador	4		INTERNA	
60	Conectar los cuatro cables AC del variac	23		INTERNA	
61	Retirar los candados de la cuchilla del transformador principal	4		INTERNA	
62	Habilitar la línea de AC del Transformador Principal	10		INTERNA	
63	Bajar de arriba de la estación de pruebas	6		EXTERNA	
64	Retirar la escalera	5		EXTERNA	
65	Retirar los candados de la cuchilla de la estación	4		INTERNA	
66	Habilitar la línea de AC de la estación	3		INTERNA	
67	Resetear el paro de emergencias	2		INTERNA	
68	Conectar la nueva unidad en la estación	32		INTERNA	
69	Habilitar la estación	1		INTERNA	
70	Habilitar la unidad	5		EXTERNA	
71	Habilitar el tubo de rayos X	6		EXTERNA	
72	Dar disparos ha 80kv	1		EXTERNA	
73	Medir la radiación del tubo de rayos X	3		EXTERNA	
74	Deshabilitar el tubo de rayos X	6		INTERNA	
75	Deshabilitar la unidad	1		INTERNA	
76	Deshabilitar la estación	1		INTERNA	
77	Liberación de las estación	10		EXTERNA	
	TOTAL	804			

Figura 53 - Estudio de tiempos de la estrategia 1 (Instalar).

3.6.1.6. Mejoras de la estrategia 1.

Para reducir los tiempos de preparación de las líneas de alimentación y la configuración del transformador, el cual requiere de un potencial suficiente para suministrar las líneas de alimentación de las unidades que se prueban en la estación 045, se solucionó al remplazar el transformador por uno variable (variac). La estación ya contaba con un variac, pero estaba limitado el voltaje de salida de 0 a 480vac solo se puede probar unidades de un valor máximo alimentación de 480vac, algunas unidades de 500vac o 532vac de alimentación no se puede utilizar por lo que se tiene que estar cambiando por un variac de mayor potencia. El problema se solucionó al instalar un variac de un voltaje de entrada de 480vac con una salida de 0 a 600vac que permite alimentar los voltajes para las unidades de 90vac, unidades 532vac y futuras unidades de hasta 600vac sin necesidad de estar cambiando de transformador, con sólo disminuir o aumentar el voltaje con los botones del variac se ajustan los voltajes. El variac se instaló dentro de la estación de pruebas 045, anteriormente estaba instalado en la parte exterior de la estación para remplazarse por otro variac de otro voltaje. Al tener el nuevo variac no es necesario cambiarlo porque se puede utilizar para todos los modelos.

En la figura 54 se muestra el variac de 0-480 este tipo de transformador variable se utiliza antes de realizar la mejora en la parte exterior de la estación de pruebas. Variac se utilizaba para probar las unidades que estén dentro del rango de 0 a 480vac, por ejemplo existen unidades que requieren 480vac de alimentación, pero durante su validación el procedimiento de la unidad le marca que baje la línea de alimentación a 90vac que están dentro de los límites del variac, pero si la unidad requiere que la línea de alimentación sea de 532vac el variac no puede suministrar ese voltaje, es necesario remplazar el variac de un voltaje igual o superior para que pueda alimentar la unidad.



Figura 54 - Variac de 0-480vac instalado fuera de la estación 045.

En la figura 55 se muestra la mejora al instalar dentro de la estación 045 un variac de 480vac con una salida de 0 a 600vac que puede probar unidades con voltajes hasta 600vac, el variac sustituye el variac utilizado para las de unidades de 60kw y 80kw. Se instaló dentro de la estación porque no es necesario estar cambiando de variac para cada modelo, sólo en los casos de mantenimiento.



Figura 55 - Variac de 0-600vac instalado dentro de la estación 045.

Se instaló una central de cargas de 220vac en la parte exterior de la estación de pruebas 045. Ya se contaba con una central de cargas de 480vac, ahora la estación cuenta con dos centrales de carga que se pueden utilizar para unidades que requieran ambos voltajes de alimentación o sólo habilitar la que se necesite. En la figura 56 se muestra el antes y en la figura 57 se muestra el después.



Figura 56 - Central de cargas de 480vac de la estación 045.



Figura 57- Estación de pruebas 045 con dos centrales de cargas 220vac y 480vac.

3.6.1.7. Pasos eliminados EST1.

Al realizar las mejoras del variac, las dos centrales de carga para 480vac y 220vac se eliminaron 21 pasos de las actividades del cambio de modelo de la estrategia 1, se muestra en la figura 58. Los 21 pasos eliminados dan un total de 373 minutos que es el 46% del tiempo total del cambio de modelo que se realizó en la estación 045, dejando 431 minutos el cambio de modelo que es 54% restante.



Figura 58 - Pasos eliminados del cambio de modelo de la estrategia 1.

3.6.2. Estrategia 2.

Durante el desarrollo de la estrategia fue necesario organizar al personal como se muestra en la figura 59.

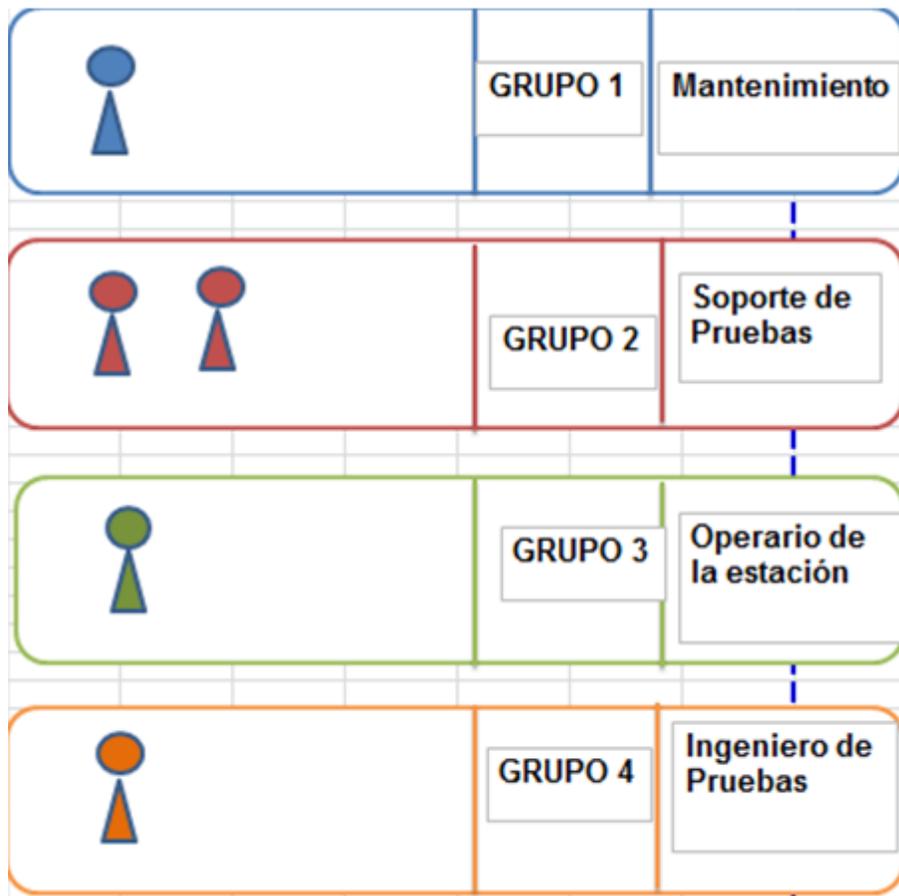


Figura 59 - Organización del personal en grupos durante la estrategia 2.

3.6.2.1. Distribución del personal EST1.

Distribución del personal para la configuración del cambio de modelo de la estación de pruebas 45.

Mantenimiento: Es la persona encargada de las instalaciones eléctricas, como es cortar la línea viva, hacer las bajadas de las líneas de 120vac, 220vac y 480vac.

Soporte de prueba. Es la persona encargada del mantenimiento de la estación de prueba.

Operario de las Estaciones. Es el encargado de la verificación de calibraciones de la instrumentación durante la prueba.

Ingeniero de pruebas. Es el personal encargado de Instalar los instrumentos de medición durante la prueba, las conexiones correspondientes según el número de modelo y la libración de la estación de pruebas, cuando ha cumplido las especificaciones del cambio de modelo.

A continuación se describe una de las estrategias.

3.6.2.2. Desarrollo de la estrategia 2.

En la estrategia 1 se realizaba con 2 personas de mantenimiento del grupo 1, al implementar las mejoras la estrategia 2 se simplifica el número personal de mantenimiento. La actividad es realizada por 1 persona de mantenimiento, 2 personas de soporte de pruebas, 1 operario de la estación y 1 ingeniero de pruebas. El problema en el tiempo de preparación de las líneas de alimentación de la estación se realizó una mejora para reducir el tiempo. En la estrategia 2 se presenta el problema de remover e instalar las cargas de Ánodo y Cátodo. Los valores de las cargas varían dependiendo de la unidad y durante la prueba se realizan cambios de la carga.

Como se puede observar en la figura 60 se eliminó las actividades del grupo 1 las instalaciones eléctricas de la estación de pruebas 045, ahora sólo cuenta con una persona para las actividades de candado de las cuchillas de la central de cargas para desactivar la estación 045 de energías peligrosas que son los pasos 1, 2, 3, 65, 66 y 67.

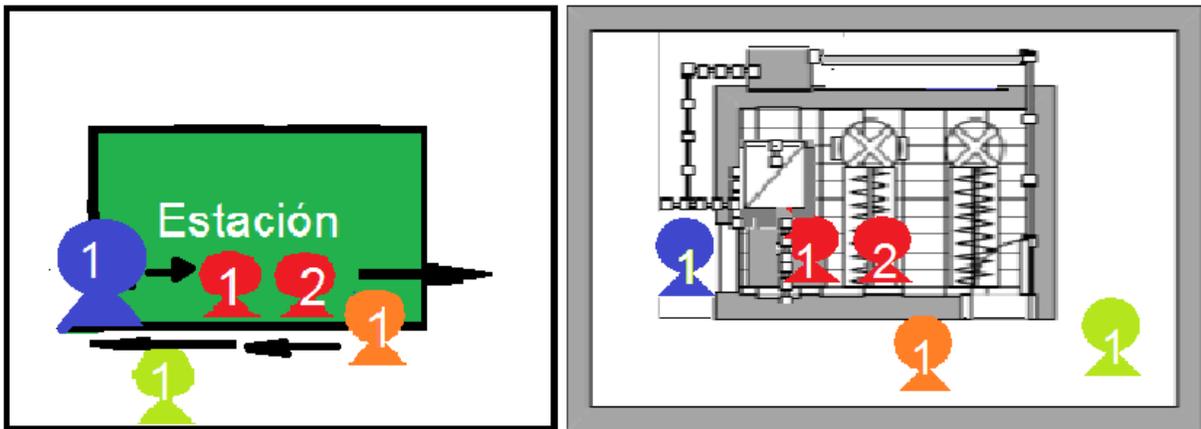


Figura 60 - Ubicación de las actividades de los grupos durante la estrategia 2.

3.6.2.3. Grupos de la estrategia 2.

Grupo 1. Se encarga principalmente de cortar la línea, hacer la configuración de las líneas de 480vac, 220vac y 120Vac.

Grupo 2. Su actividad es desconectar los instrumentos que están dentro de la estación como son las cargas resistivas, risos, HVD, cargas de filamento, tubo de rayos X, cables de HV y el variac. Esto para conectar los nuevos instrumentos de otro modelo que se va a probar en la estación.

Grupo 3. Su función es desconectar la unidad que se esté probando, apagar o desconectar los instrumentos que se encuentran en el exterior de la estación.

Grupo 4. Es la persona responsable de evaluar el cambio de modelo de la estación se realice correctamente.

3.6.2.4. Estudios de tiempos de la estrategia 2.

Se muestra en la figura 61 el desarrollo del estudio de tiempos de la estrategia 2, para el cambio de modelo de la estrategia 2, que comprende los movimientos internos y externos, con 56 pasos de actividades que son remover e instalar. Sumadas dan un tiempo total del cambio de modelo de 431 minutos. Se hace una comparación de la estrategia 1 de un total de 77 pasos, eliminando los pasos del 4 al 14 y del 55 al 64.

Estudio de tiempos					
EST2	EST1	Descripción de la operación	T min	Estado	Clasifica
PASC	Pasc		min		
1	1	Presionar el paro de emergencias	1	REMOVER	INTERNA
2	2	Cortar la línea de AC de la estación	3		INTERNA
3	3	Colocar candados en la cuchilla de la estación	4		INTERNA
4	15	Quitar 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6		INTERNA
5	16	Retirar la puerta de la estación	20		INTERNA
6	17	desconectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10		INTERNA
7	18	Desconectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de ray	15		INTERNA
8	19	Desconectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rat	15		INTERNA
9	20	Remover el tubo de rayos X	20		INTERNA
10	21	Desconectar el cable de GND de la carga de Ánodo	5		INTERNA
11	22	Desconectar el cable de alto voltaje de la carga de Ánodo	6		INTERNA
12	23	desconectar el ventilador de la carga de Ánodo	4		INTERNA
13	24	Retirar la carga de Ánodo.	16		INTERNA
14	25	Desconectar el cable de GND de la carga de Cátodo	5		INTERNA
15	26	Desconectar el cable de alto voltaje de la carga de Cátodo	6		INTERNA
16	27	desconectar el ventilador de la carga de cátodo	4		INTERNA
17	28	Retirar la carga de cátodo.	16		INTERNA
18	29	Retirar GND del HVD de Ánodo	4		INTERNA
19	30	Retirar BNC del HVD de Ánodo	3		INTERNA
20	31	Retirar HVD de Ánodo de la estación	6		INTERNA
21	32	Retirar GND del HVD de cátodo	4		INTERNA
22	33	Retirar BNC del HVD de cátodo	3		INTERNA
23	34	Retirar HVD de Cátodo de la estación	6		INTERNA
24	35	Instalar HVD de Cátodo en la estación para el nuevo modelc	6	INSTALAR	INTERNA
25	36	Colocar BNC del HVD de cátodo	3		INTERNA
26	37	Colocar GND del HVD de cátodo	4		INTERNA
27	38	Instalar HVD de Ánodo en la estación para el nuevo modelo	6		INTERNA
28	39	Colocar BNC del HVD de Ánodo	3		INTERNA
29	40	Colocar GND del HVD de Ánodo	4		INTERNA
30	41	Instalar la carga de cátodo para el nuevo modelo	16		INTERNA
31	42	colocar el ventilador en la carga de cátodo	4		INTERNA
32	43	conectar el cable de alto voltaje de la carga de Cátodo	6		INTERNA
33	44	Conectar el cable de GND en la carga de Anodo	5		INTERNA
34	45	Instalar la carga de Ánodo del nuevo modelo	16		INTERNA
35	46	Instalar el ventilador en la carga de Ánodo	4		INTERNA
36	47	Conectar el cable de alto voltaje de la carga de Ánodo	6		INTERNA
37	48	Conectar el cable de GND en la carga de Cátodo	5		INTERNA
38	49	Instalar el tubo de rayos X para el nuevo modelo	20		INTERNA
39	50	Conectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos	15		INTERNA
40	51	Conectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos	15		INTERNA
41	52	Conectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10		INTERNA
42	53	Instalar la puerta de la estación	20		INTERNA
43	54	Colocar los 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6		INTERNA
44	65	Retirar los candados de la cuchilla de la estación	4		INTERNA
45	66	Habilitar la línea de AC de la estación	3		INTERNA
46	67	Reseteo el paro de emergencias	2		INTERNA
47	68	Conectar la nueva unidad en la estación	32		INTERNA
48	69	Habilitar la estación	1		INTERNA
49	70	Habilitar la unidad	5		EXTERNA
50	71	Habilitar el tubo de rayos X	6		EXTERNA
51	72	Dar disparos ha 80kv	1		EXTERNA
52	73	Medir la radiación del tubo de rayos X	3		EXTERNA
53	74	Deshabilitar el tubo de rayos X	6		INTERNA
54	75	Deshabilitar la unidad	1		INTERNA
55	76	Deshabilitar la estación	1		INTERNA
56	77	Liberación de las estación	10		EXTERNA
		TOTAL	431		

Figura 61 - Estudios de tiempos de la estrategia 2 (Remover e Instalar).

3.6.2.5. Mejoras de la estrategia 2.

Para reducir los tiempos de los pasos de remover e instalara las cargas resistivas de Ánodo y Cátodo. Además, los accesorios que se conectan en las cargas como son: cables de alto voltaje, cables de GND, ventiladores, etc. Se agregaron más resistencias a la carga para aumentar su valor de ohms y se instalaron conectores en diferentes puntos de la carga que proporcionan diferentes valores de ohms donde el operario selecciona el valor de la resistencia del modelo de la unidad que se va probar.

Al tener una carga multifuncional con diferentes valores se elimina las actividades de remplazar e instalar diferentes tipos de cargas para cada tipo de modelo. Con la implementación de la mejora se eliminan los pasos del 10 al 17 y del 30 al 37 de la estrategia 2 del cambio de modelo de la estación de pruebas 045.

En la figura 62 se muestran los cambios realizados en las cargas de Ánodo y cátodo. En la primero es una carga con una salida que puede probar un solo modelo y en la figura del lado derecho es una carga con adaptaciones de conectores que están soldadas en diferentes puntos de las resistencias de la carga con diferentes valores en ohms.

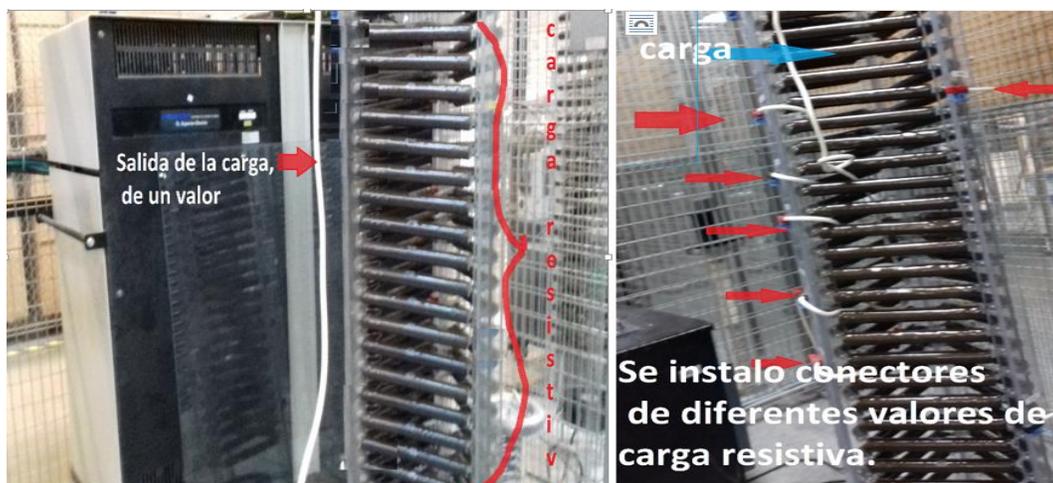


Figura 62 - Cargas Resistivas de Ánodo y cátodo antes y después de convertirse en multifuncional al instalar conectores Anderson para seleccionar el modelo de la unidad.

Se muestra en la figura 63 los conectores instalados en diferentes puntos de la carga etiquetados con su valor correspondiente en ohms.

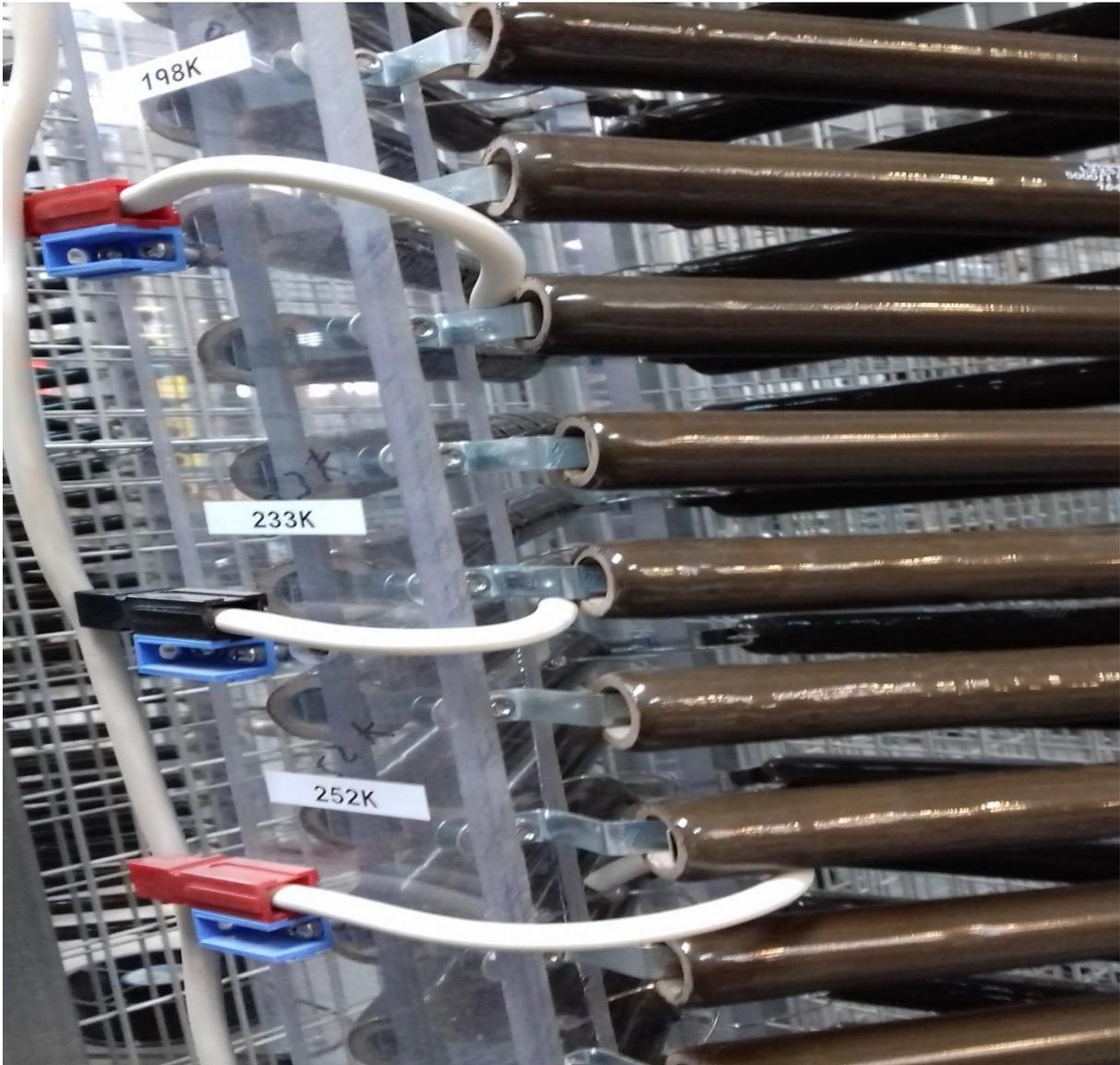


Figura 63 - Conectores Anderson instalados en las resistencias de la carga con su valor.

3.6.2.6. Pasos eliminados EST2.

Al realizar las mejoras de las cargas e instalación de los conectores Anderson se eliminaron 16 pasos de las actividades del cambio de modelo de la estrategia 2.

Se muestra en la figura 64 los pasos 16 eliminados de un total de 124 Minutos que es el 29% del tiempo total del cambio de modelo que se realizó en la estación 045 dejando con 313 minutos que es 71% del tiempo restante del cambio de modelo. Los 16 pasos que se eliminaron de la estrategia 2 de 124 minutos se simplifican en 2 pasos de 6 minutos que consisten en seleccionar el valor de la carga de Ánodo y Cátodo según el modelo de unidad que se va a probar en la estación de pruebas 045.

ELIMINAC			
Estudio de tiempos EST 2			
EST2	Descripción de la operación	T min minutos	Clasifica
1	10 Desconectar el cable de GND de la carga de Ánodo	5	INTERNA
2	11 Desconectar el cable de alto voltaje de la carga de Á	6	INTERNA
3	12 desconectar el ventilador de la carga de Ánodo	4	INTERNA
4	13 Retirar la carga de Ánodo.	16	INTERNA
5	14 Desconectar el cable de GND de la carga de Cátodo	5	INTERNA
6	15 Desconectar el cable de alto voltaje de la carga de C	6	INTERNA
7	16 desconectar el ventilador de la carga de cátodo	4	INTERNA
8	17 Retirar la carga de cátodo.	16	INTERNA
9	30 Instalar la carga de cátodo para el nuevo modelo	16	INTERNA
10	31 colocar el ventilador en la carga de cátodo	4	INTERNA
11	32 conectar el cable de alto voltaje de la carga de Cátod	6	INTERNA
12	33 Conectar el cable de GND en la carga de Anodo	5	INTERNA
13	34 Instalar la carga de Ánodo del nuevo modelo	16	INTERNA
14	35 Instalar el ventilador en la carga de Ánodo	4	INTERNA
15	36 Conectar el cable de alto voltaje de la carga de Ánod	6	INTERNA
16	37 Conectar el cable de GND en la carga de Cátodo	5	INTERNA
TOTAL T ELIMINADO EST2		124	Minutos
RESTANTES		307	
ELIMINADOS		124	
Tiempo restante 307 Min + 6 Min seleccionar carga		313	



Figura 64 - Pasos eliminados de la estrategia 2.

3.6.3. Estrategia 3.

Durante el desarrollo de la estrategia fue necesario organizar al personal como se muestra en la figura 65.

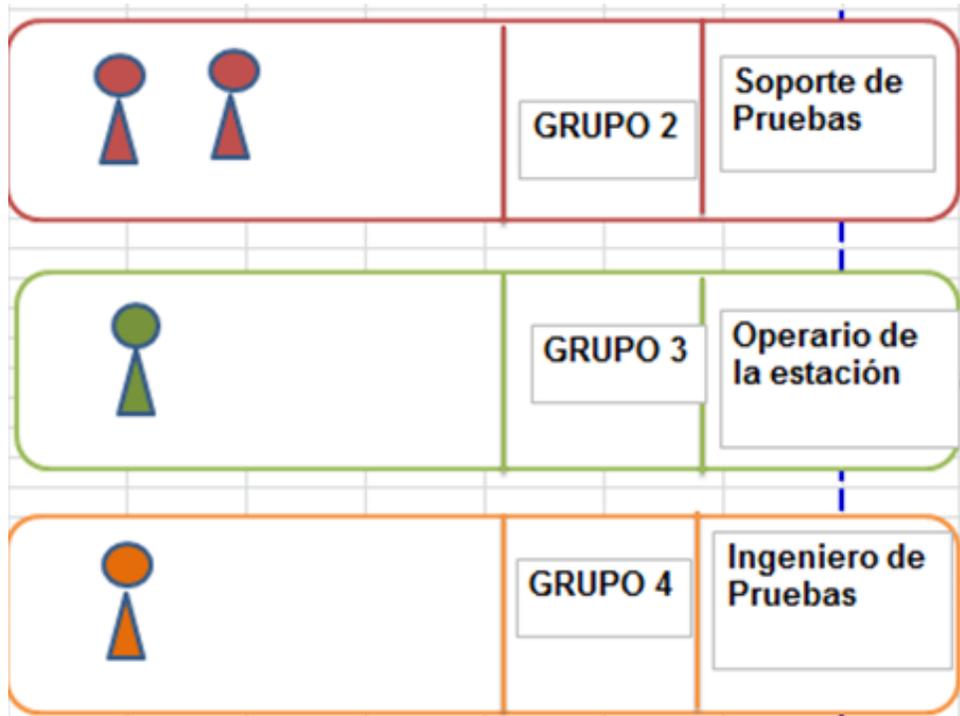


Figura 65 - Organización del personal en grupos durante la estrategia 3.

3.6.3.1. Grupos de la estrategia 2.

Soporte de prueba. Es la persona encargada del mantenimiento de la estación de prueba, remover e instalar los elementos necesarios para el cambio de modelo.

Operario de las Estaciones. Es el encargado de la verificación de calibraciones de la instrumentación durante la prueba.

Ingeniero de pruebas. Es el personal encargado de desenergizar la estación, Instalar los instrumentos de medición durante la prueba, las conexiones correspondientes según el número de modelo y la libración de la estación de pruebas cuando ha cumplido las especificaciones del cambio de modelo.

A continuación se describe la estrategia.

3.6.3.2. Desarrollo de la estrategia 3.

La actividad es realizada por 2 personas de soporte de pruebas, 1 operario de la estación y 1 ingeniero de pruebas como se muestra en la figura 66. El grupo 2 continúa removiendo e instando las cargas, cables, tubos de rayos x y otros accesorios de la estación de prueba 045, el ingeniero de pruebas adquiere las actividades del grupo 1 que son los pasos 1, 2, 3, 30, 31 y 32. El problema es el tiempo de preparación de los HVD de ánodo y cátodo. Para cada modelo se utiliza un HVD de un porcentaje de tolerancia diferente de esta forma el grupo 2 tiene que estar desatornillando los cables para poder remover el HVD e instalar otro HVD y los elementos necesarios para el nuevo modelo que se va a procesar.

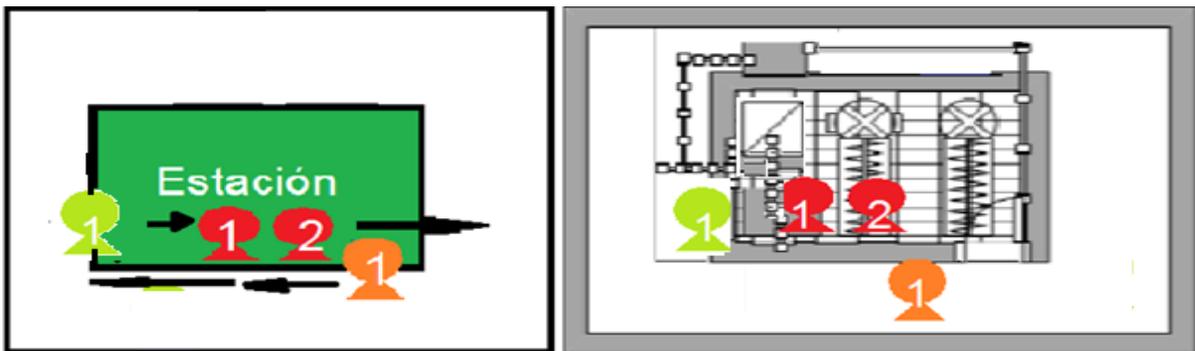


Figura 66 - Ubicación de las actividades de los grupos durante la estrategia 3.

3.6.3.3. Grupos de la estrategia 3.

Grupo 2. Su actividad es desconectar los instrumentos que están dentro de la estación como son las cargas resistivas, risos, HVD, cargas de filamento, tubo de rayos X, cables de HV y el variac. Esto para conectar los nuevos instrumentos de otro modelo que se va a probar en la estación.

Grupo 3. Su función es desconectar la unidad que se esté probando, apagar o desconectar los instrumentos que se encuentran en el exterior de la estación.

Grupo 4. Es la persona responsable cortar la línea de la estación de pruebas 045, evaluar el cambio de modelo de la estación se realice correctamente.

3.6.3.4. Estudios de tiempos de la estrategia 3.

Se desarrolló un estudio de tiempos, para el cambio de modelo de la estrategia 3 que comprende los movimientos internos y externos, con 42 pasos de actividades que son remover e instalar. Sumadas dan un tiempo total de 313 minutos.

Estudio de tiempos						
EST3	EST2	Descripción de la operación	T min	Estado	Clasifica	
PASO	PASO		minutos			
1	1	Presionar el paro de emergencias	1	REMOVER	INTERNA	
2	2	Cortar la línea de AC de la estación	3		INTERNA	
3	3	Colocar candados en la cuchilla de la estación	4		INTERNA	
4	4	Quitar 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6		INTERNA	
5	5	Retirar la puerta de la estación	20		INTERNA	
6	6	desconectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10		INTERNA	
7	7	Desconectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos	15		INTERNA	
8	8	Desconectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos	15		INTERNA	
9	9	Remover el tubo de rayos X	20		INTERNA	
10	10	Cambiar el valor de carga que se requiera de 1 -140kohm Cátodo	3		INTERNA	
11	11	Cambiar el valor de carga que se requiera de 1 -140kohm Ánodo	3		INTERNA	
12	18	Retirar GND del HVD de Ánodo	4		INTERNA	
13	19	Retirar BNC del HVD de Ánodo	3		INTERNA	
14	20	Retirar HVD de Ánodo de la estación	6		INTERNA	
15	21	Retirar GND del HVD de cátodo	4		INTERNA	
16	22	Retirar BNC del HVD de cátodo	3		INTERNA	
17	23	Retirar HVD de Cátodo de la estación	6		INTERNA	
18	24	Instalar HVD de Cátodo en la estación para el nuevo modelo	6	INSTALAR	INTERNA	
19	25	Colocar BNC del HVD de cátodo	3		INTERNA	
20	26	Colocar GND del HVD de cátodo	4		INTERNA	
21	27	Instalar HVD de Ánodo en la estación para el nuevo modelo	6		INTERNA	
22	28	Colocar BNC del HVD de Ánodo	3		INTERNA	
23	29	Colocar GND del HVD de Ánodo	4		INTERNA	
24	38	Instalar el tubo de rayos X para el nuevo modelo	20		INTERNA	
25	39	Conectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos	15		INTERNA	
26	40	Conectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos	15		INTERNA	
27	41	Conectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10		INTERNA	
28	42	Instalar la puerta de la estación	20		INTERNA	
29	43	Colocar los 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6		INTERNA	
30	44	Retirar los candados de la cuchilla de la estación	4		INTERNA	
31	45	Habilitar la línea de AC de la estación	3		INTERNA	
32	46	Resetear el paro de emergencias	2		INTERNA	
33	47	Conectar la nueva unidad en la estación	32		INTERNA	
34	48	Habilitar la estación	1		INTERNA	
35	49	Habilitar la unidad	5		EXTERNA	
36	50	Habilitar el tubo de rayos X	6		EXTERNA	
37	51	Dar disparos ha 80kv	1		EXTERNA	
38	52	Medir la radiación del tubo de rayos X	3		EXTERNA	
39	53	Deshabilitar el tubo de rayos X	6		INTERNA	
40	54	Deshabilitar la unidad	1		INTERNA	
41	55	Deshabilitar la estación	1		INTERNA	
42	56	Liberación de las estación	10		EXTERNA	
TOTAL			313			

Figura 67 - Estudios de tiempos de la estrategia 3 (Remover e Instalar).

3.6.3.5. Mejoras de la estrategia 3.

Se instaló conectores a los cables que estaban atornillados y requerían desatornillarse para cada cambio de modelo, de esta forma es más rápido la configuración de la estación para cada modelo. En la figura 68 se muestra un divisor de voltaje con cables de alto voltaje atornillados y del lado derecho con conectores. En el caso de los HVD se estandarizo el valor de tolerancia para poder utilizarse un HVD en todos los modelos y evitar cambiarlo.

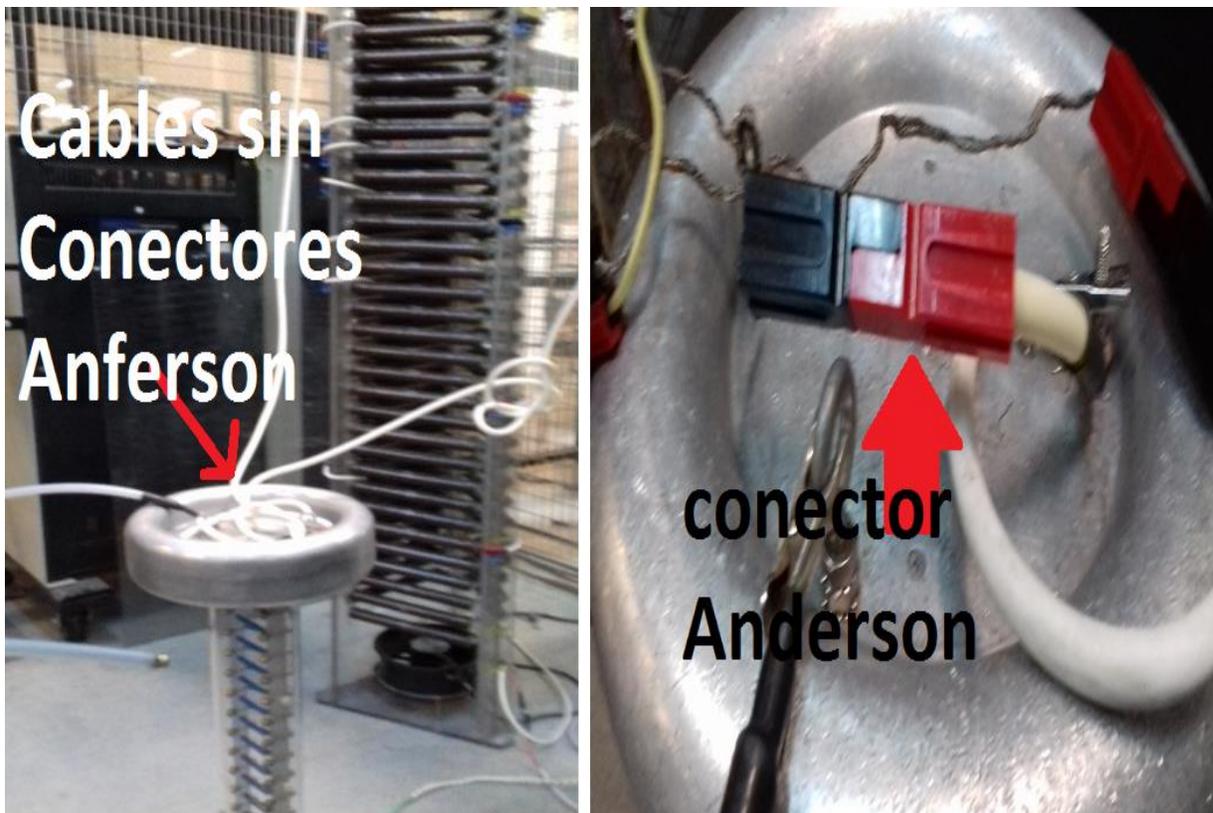


Figura 68 - Instalación de conectores Anderson a los HVD de Ánodo y Cátodo.

En la figura 69 se muestra un cable de HV al cual se le instalo dos conectores anderson, anteriormente se tenía que atornillar entre la carga y el HVD. El cable de HV es utilizado tanto para la carga de Anodo y Catodo. La instalación de los conectores anderson permiten instalar y desinstalar el cable en la carga ya que esta cuenta con diferentes puntos de referencia de diferentes valores de resistencia para cada modelo.

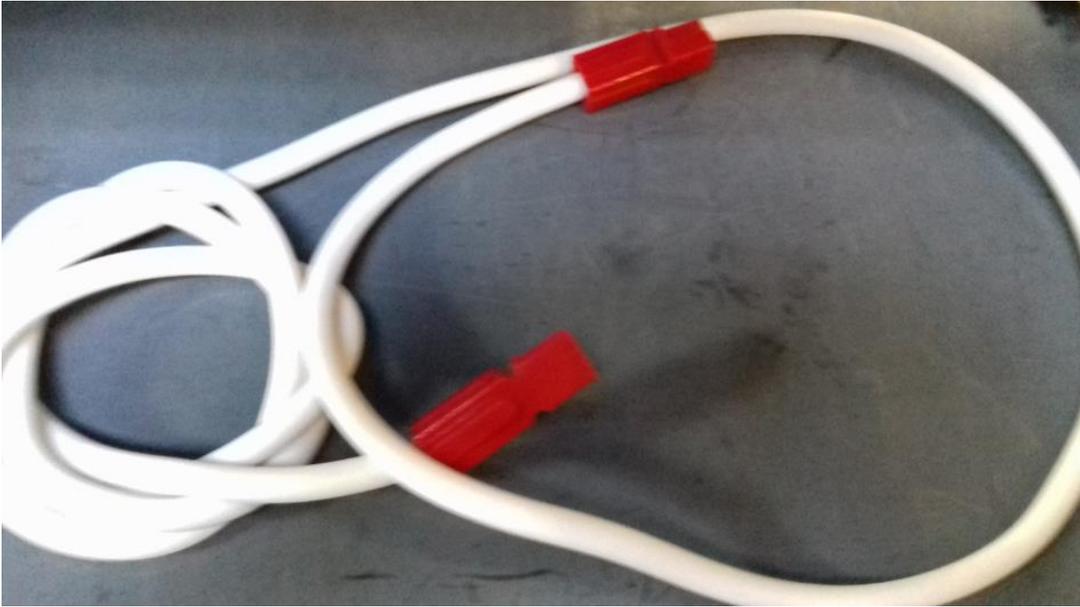


Figura 69 - Cable de HV para Conectar la carga y el HVD.

En la figura 70 se muestra un HVD al cual se le instaló dos conectores Anderson para que la configuración sea más rápida.



Figura 70 - HVD con Conectores Anderson.

En la figura 71 se muestra un HVD configurado para un cambio de modelo con los cables instalados de las carga, rayos X y de Filamento.

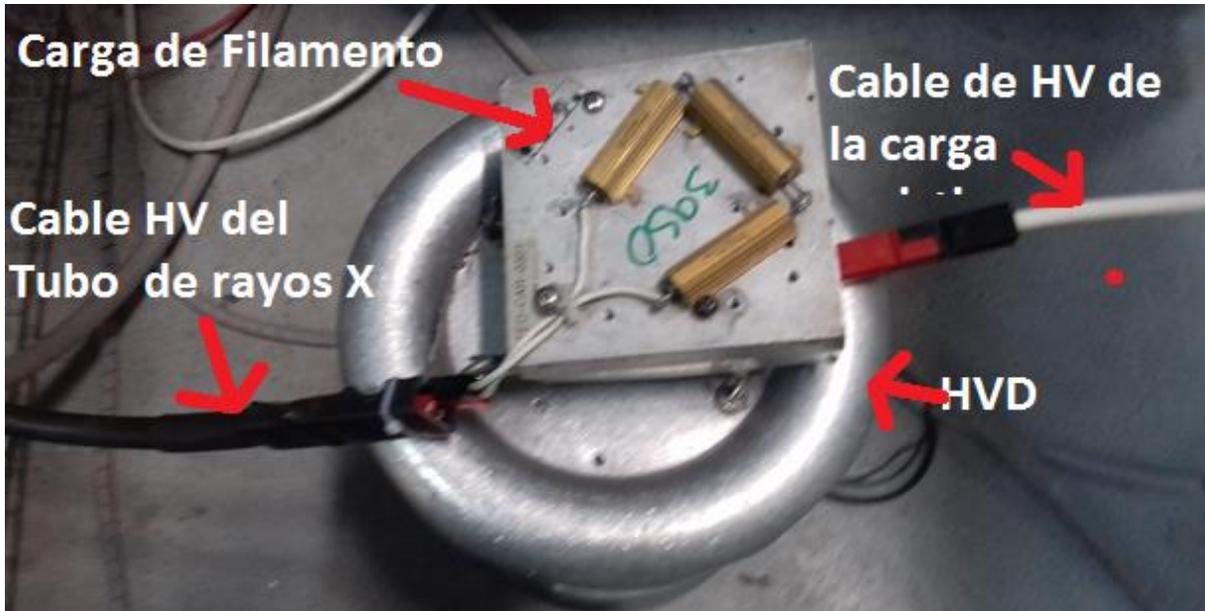


Figura 71 - HVD conectado a un cable de HV de la carga, Rayos X y Filamento.

En la figura 72 y 73 se muestran los cables de comunicación de la unidad y el tubo de rayos X, que también se les instalaron conectores Anderson.



Figura 72 - Cable de comunicación del tubo de rayos X y la unidad con conectores Anderson.

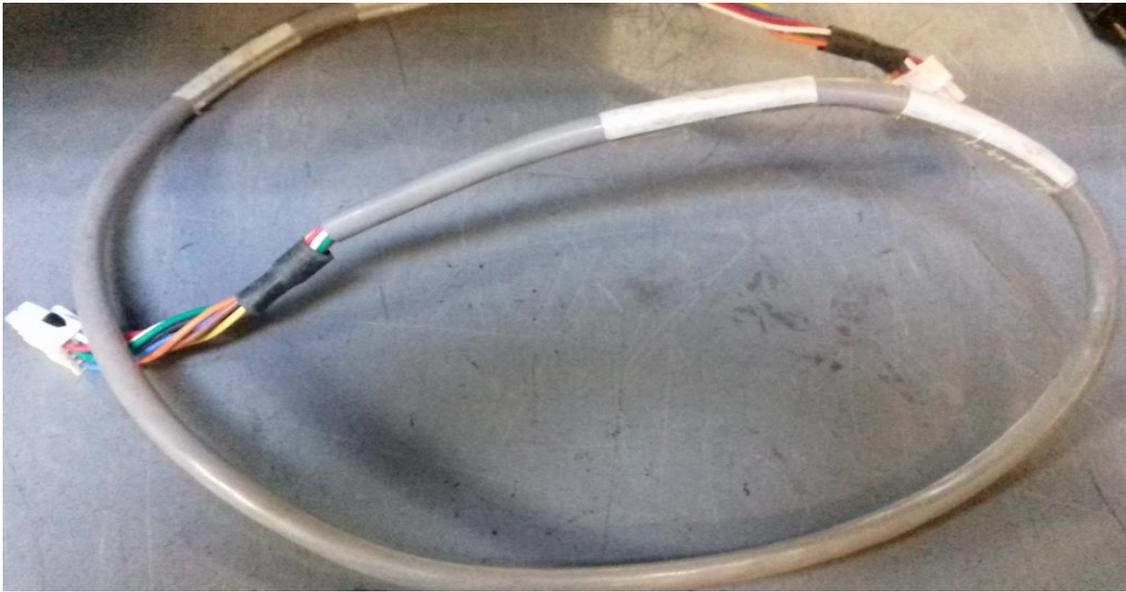


Figura 73 - Segundo cable de comunicación del tubo de rayos X y la unidad.

En la figura 74 se muestran las líneas de alimentación que conectan al variac de 0 a 600vac hacia la unidad, anteriormente se tenía que estar atornillando y desatornillando el cable, pero con el conector anderson solo se remueve o se reconecta.



Figura 74 - Líneas trifásicas del variac a la unidad con conectores Anderson.

En la figura 75 se muestran las líneas de alimentación que conectan de la subestación al variac, anteriormente se tenía que estar atornillando y desatornillando el cable, pero con el conector anderson sólo se remueve o se reconecta.



Figura 75 - Líneas de alimentación trifásicas de 480vac de la subestación hacia el variac.

En la figura 76 se muestra el HVD de Ánodo conectado a la salida del HV de la unidad y al cable de HV del Tubo de rayos X. Utilizando los conectores Anderson como medio de enlace.

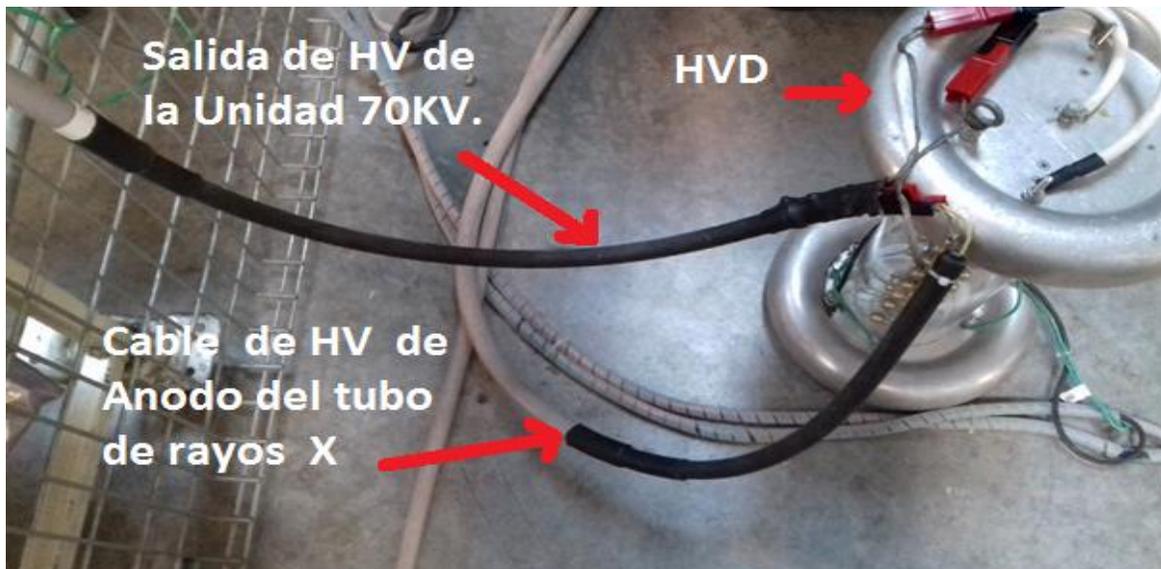


Figura 76 - HVD conectado al Tubo de rayos X y a la Salida de la unidad.

3.6.3.4. Pasos eliminados EST3.

En la estrategia 3 se realizó una mejora con los HVD y todos los cables de alto voltaje. En la figura 77 se muestra 12 pasos eliminados de las actividades del cambio de modelo de la estrategia 3, los pasos eliminados dan un total de 52 Minutos con el 17% del tiempo total del cambio de modelo que se realizó en la estación 045 dejando con 261 minutos que es 83% restante del cambio de modelo.

ELIMINADOS EST3	PASO	Descripción de la operación	T min minutos	Clasifica
1	12	Retirar GND del HVD de Ánodo	4	INTERNA
2	13	Retirar BNC del HVD de Ánodo	3	INTERNA
3	14	Retirar HVD de Ánodo de la estación	6	INTERNA
4	15	Retirar GND del HVD de cátodo	4	INTERNA
5	16	Retirar BNC del HVD de cátodo	3	INTERNA
6	17	Retirar HVD de Cátodo de la estación	6	INTERNA
7	18	Instalar HVD de Cátodo en la estación para el r	6	INTERNA
8	19	Colocar BNC del HVD de cátodo	3	INTERNA
9	20	Colocar GND del HVD de cátodo	4	INTERNA
10	21	Instalar HVD de Ánodo en la estación para el nu	6	INTERNA
11	22	Colocar BNC del HVD de Ánodo	3	INTERNA
12	23	Colocar GND del HVD de Ánodo	4	INTERNA
TOTAL T ELIMINADO EST3			52	MINUTOS



Figura 77 - Pasos eliminados de la estrategia 3.

3.6.4. Estrategia 4.

Durante el desarrollo de la estrategia fue necesario organizar al personal como se muestra en la figura 78.

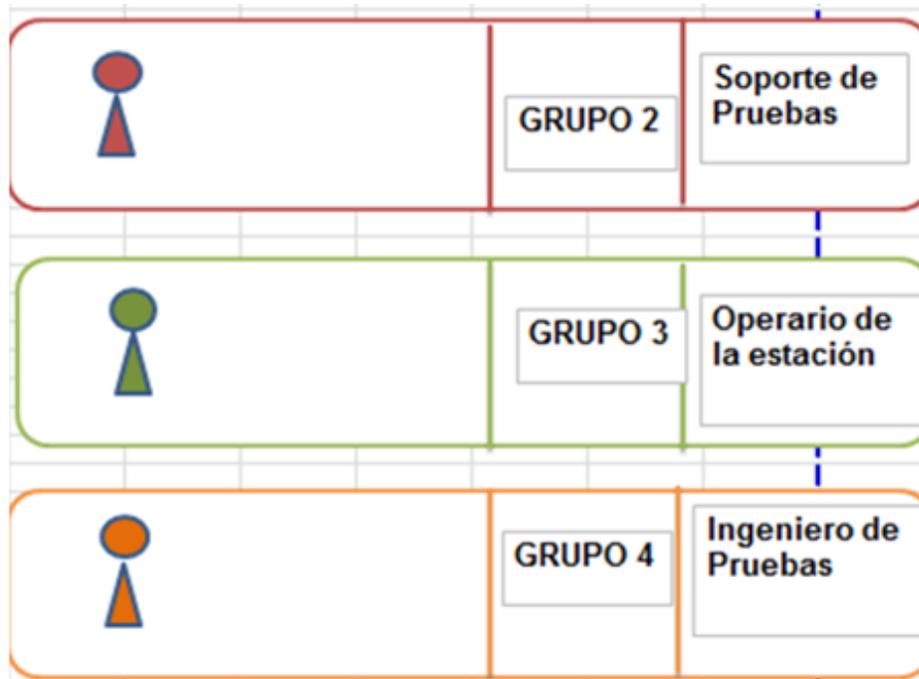


Figura 78 - Organización del personal en grupos durante la estrategia 4.

3.6.4.1. Grupos de la estrategia 4.

Soporte de prueba. Es la persona encargada del mantenimiento de la estación de prueba, remover e instalar los elementos necesarios para el cambio de modelo.

Operario de las Estaciones. Es el encargado de la verificación de calibraciones de la instrumentación durante la prueba y la prueba de la unidad que se conecta en la estación.

Ingeniero de pruebas. Es el personal encargado de desactivar la estación, Instalar los instrumentos de medición durante la prueba, las conexiones correspondientes según el número de modelo y la libración de la estación de pruebas cuando ha cumplido las especificaciones del cambio de modelo.

3.6.4.2. Desarrollo de la estrategia 4.

La actividad es realizada por 1 persona de soporte de pruebas, 1 operario de la estación y 1 ingeniero de pruebas como se muestra en la figura 79. El grupo 2 continúa removiendo e instando las cargas, cables, tubos de rayos X y otros accesorios de la estación de prueba 045, el ingeniero de pruebas adquiere las actividades del grupo 1 que son los pasos 1, 2, 3, 30, 31 y 32. El problema observado es el cambio del tubo de rayos X que requiere desmontar la reja de la jaula de la estación de pruebas 045 para poder sacarla y poder instalar otro tubo de rayos X. Además, también es necesario remover e instalar las conexiones, cables de HV y GND.

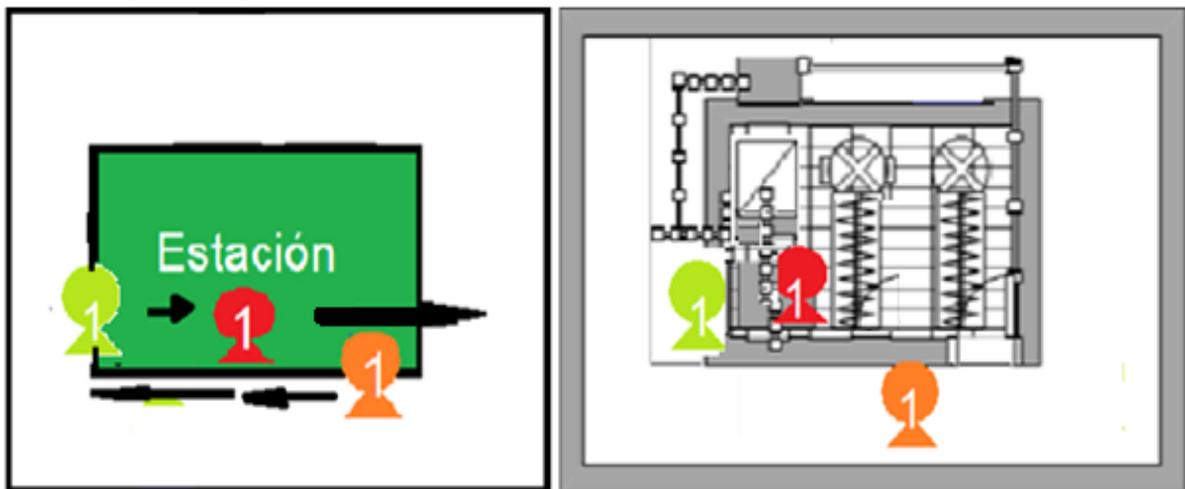


Figura 79 - Ubicación de las actividades de los grupos durante la estrategia 4.

3.6.4.3. Grupos de la estrategia 4.

Grupo 2. Su actividad es desconectar los instrumentos que están dentro de la estación, como son las cargas resistivas, risos, HVD, cargas de filamento, tubo de rayos X, cables de HV y el variac. Esto para conectar los nuevos instrumentos de otro modelo que se va a probar en la estación.

Grupo 3. Su función es desconectar la unidad que se está probando, apagar o desconectar los instrumentos que se encuentran en el exterior de la estación.

Grupo 4. Es la persona responsable cortar la línea de la estación de pruebas 045, evaluar el cambio de modelo de la estación se realice correctamente.

3.6.4.4. Estudio de tiempos de la estrategia 4.

Se desarrolló un estudio de tiempos como se muestra en la figura 80 para el cambio de modelo de la estrategia 4 que comprende los movimientos internos y externos, con 50 pasos de actividades que son remover e instalar. Sumadas dan un tiempo total del cambio de modelo de 261 minutos.

Estudio de tiempos					
EST4	EST3	Descripción de la operación	T min	Estado	Clasifica
PASO	PASO		minutos		
1	1	Presionar el paro de emergencias	1	REMOVER	INTERNA
2	2	Cortar la línea de AC de la estación	3		INTERNA
3	3	Colocar candados en la cuchilla de la estación	4		INTERNA
4	4	Quitar 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6		INTERNA
5	5	Retirar la puerta de la estación	20		INTERNA
6	6	desconectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10		INTERNA
7	7	Desconectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos X	15		INTERNA
8	8	Desconectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos X	15		INTERNA
9	9	Remover el tubo de rayos X	20		INTERNA
10	10	Cambiar el valor de carga que se requiera de 1 -140kohm Catodo	3		INTERNA
11	11	Cambiar el valor de carga que se requiera de 1 -140kohm Ánodo	3		INTERNA
12	24	Instalar el tubo de rayos X para el nuevo modelo	20	INSTALAR	INTERNA
13	25	Conectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos X	15		INTERNA
14	26	Conectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos X	15		INTERNA
15	27	Conectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10		INTERNA
16	28	Instalar la puerta de la estación	20		INTERNA
17	29	Colocar los 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6		INTERNA
18	30	Retirar los candados de la cuchilla de la estación	4		INTERNA
19	31	Habilitar la línea de AC de la estación	3		INTERNA
20	32	Resetear el paro de emergencias	2		INTERNA
21	33	Conectar la nueva unidad en la estación	32		INTERNA
22	34	Habilitar la estación	1		INTERNA
23	35	Habilitar la unidad	5		EXTERNA
24	36	Habilitar el tubo de rayos X	6		EXTERNA
25	37	Dar disparos ha 80kv	1		EXTERNA
26	38	Medir la radiación del tubo de rayos X	3		EXTERNA
27	39	Deshabilitar el tubo de rayos X	6		INTERNA
28	40	Deshabilitar la unidad	1		INTERNA
29	41	Deshabilitar la estación	1		INTERNA
30	42	Liberación de las estación	10		EXTERNA
		TOTAL	261		

Figura 80 - Estudios de tiempos de la estrategia 4 (Remover e instalar).

3.6.4.5. Mejoras de la estrategia 4.

Se seleccionó un tubo de rayos X con más potencia. Las unidades que se prueban en la estación 045 son de 60Kw y 80Kw, se tiene que estar cambiando el tubo de rayos X dependiendo del modelo, para eliminar el tiempo del cambio del tubo selecciono un tubo de rayos X que pueda probar los dos tipos de potencias que existen

en las unidades que es el tubo rayos X de 80KW. Este tubo puede probar ambos potenciales y se instaló fuera de la estación de pruebas 045, anteriormente estaba instalada en el interior de la estación, pero se instaló el variac por lo que ya no había espacio.

En la figura 81 se muestra una caja negra que es el tubo de rayos X de 80kw instalado fuera de la estación 045, anteriormente estaba instalado dentro de la estación se tenía que cambiar para cada modelo pero ya no es necesario.



Figura 81 - Instalación del tubo de 80kw dentro de la estación de pruebas 045.

Se instaló un conector master fuera de la estación de pruebas 045 como se muestra en la figura 82, se remueve e instala dependiendo de la unidad que se va a probar, tiene configuraciones predeterminadas de cada modelo, en las configuraciones tiene cables que funcionan como conexiones para seleccionar los voltajes de entrada de alimentación, seleccionar el potencial del tubo con el que se va a trabajar, interlock de seguridad, etc.



Figura 82 - Conector Master para el cambio de modelo de cada familia de unidades.

3.6.4.6. Pasos eliminados EST4.

En la estrategia 4 se realizó la mejora del Tubo de rayos X y la instalación del conector master. En el cambio de modelo de la estrategia 4 se eliminan 12 pasos de las actividades. Los pasos eliminados dan un total de 172 Minutos es el 65% del tiempo total del cambio de modelo que se realizó en la estación 045 dejando con 89 minutos más 2 pasos que se agregan de 10, quedando esta suma con 99 Min que es el 34% del tiempo restante del cambio de modelo como se muestra en la figura 83.

Estudio de tiempos de la EST 4		
EL	EST4	T min
PASO	Descripción de la operación	minutos
1	4 Quitar 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6
2	5 Retirar la puerta de la estación	20
3	6 desconectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10
4	7 Desconectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos X	15
5	8 Desconectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos X	15
6	9 Remover el tubo de rayos X	20
7	12 Instalar el tubo de rayos X para el nuevo modelo	20
8	13 Conectar el cable de alto voltaje de cátodo del tubo de rayos X	15
9	14 Conectar el cable de alto voltaje de ánodo del tubo de rayos X	15
10	15 Conectar los dos cables de tierra del tubo de rayos X	10
11	16 Instalar la puerta de la estación	20
12	17 Colocar los 8 tornillos de la jaula del lado frontal	6
TOTAL T ELIMINADO DE LA EST 4		172
Tiempo Restante en minutos		89
Tiempo Eliminado en minutos		172
Timpo restante 89 Min + 10 min agregados conector master		99



Figura 83 - Pasos eliminados de la estrategia 4.

3.6.5. Estrategia 5.

Durante el desarrollo de la estrategia fue necesario organizar al personal como se muestra en la figura 84.



Figura 84 - Organización del personal en grupos durante la estrategia 5.

3.6.5.1. Grupos de la estrategia 5.

Operario de las Estaciones. Es el encargado remover e instalar los elementos necesarios para el cambio de modelo, verificación de calibraciones de la instrumentación durante la prueba, conectar y desconectar la unidad que se va a probar en la estación de pruebas 045.

Ingeniero de pruebas. Es el personal encargado de desactivar la estación, Instalar los instrumentos de medición durante la prueba, la conexión del conector master según corresponda el cambio de modelo y la liberación de la estación de pruebas cuando ha cumplido las especificaciones del cambio de modelo.

3.6.5.2. Desarrollo de la estrategia 5.

Los integrantes de los grupos se simplifican en el grupo 3 y el grupo 4. La actividad es realizada por 1 operario de la estación y 1 ingeniero de pruebas como se muestra en la figura 85. El grupo 2 se eliminó, las actividades se asignaron al grupo 3 la selección de las cargas y otras conexiones de la estación de prueba 045, el ingeniero de pruebas es el encargado de instalar y remover el conector master en la estación de pruebas 045 y continúa realizando los pasos 1, 2, 3,4, 7, 8, 9, 10 y 20.

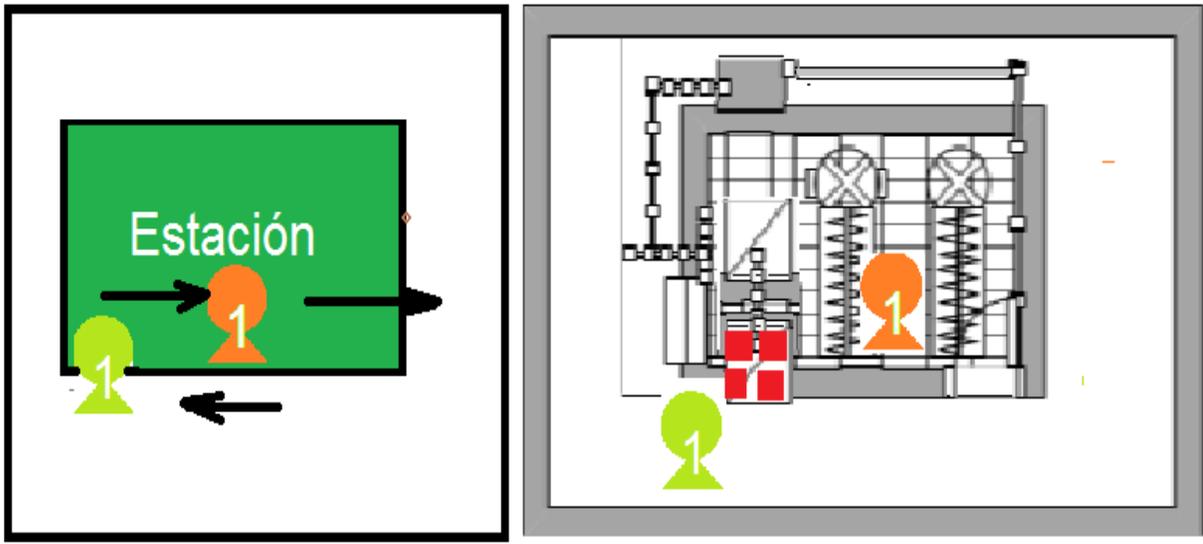


Figura 85 - Ubicación de las actividades de los grupos durante la estrategia 5.

3.6.5.3. Grupos de la estrategia 5.

Grupo 3. Su función es seleccionar las cargas resistivas, HVD, tubo de rayos X, probar la unidad que se conecte en la estación de pruebas 045 y apagar o desconectar los instrumentos que se encuentran en el exterior de la estación.

Grupo 4. Es la persona responsable cortar la línea de la estación de pruebas 045, conectar y remover el conector master de la estación de pruebas 045, evaluar el cambio de modelo de la estación y liberar la estación de pruebas.

3.6.5.4. Estudio de tiempos de la estrategia 5.

Se desarrolló un estudio de tiempos, para el cambio de modelo de la estrategia 5 como se muestra en la figura 86 que comprende los movimientos internos y externos, con 20 pasos de actividades son remover e instalar. Sumadas dan un tiempo total del cambio de modelo de 99 minutos.

La estrategia 5 ha concluido con los 20 pasos y un tiempo de 99 Min.

Estudio de tiempos					
EST5	EST4	Descripción de la operación	T min	Estado	Clasifica
PASO	PASO		mInutos		
1	1	Presionar el paro de emergencias	1	REMOVER	INTERNA
2	2	Cortar la línea de AC de la estación	3		INTERNA
3	3	Colocar candados en la cuchilla de la estación	4		INTERNA
4	4	REMOVER EL CONECTOR MASTER	5		INTERNA
5	10	Cambiar el valor de carga que se requiera de 1 -140kohm Catodo	3		INTERNA
6	11	Cambiar el valor de carga que se requiera de 1 -140kohm Ánodo	3		INTERNA
7	12	INSTALAR EL CONECTOR MASTER	5		INTERNA
8	18	Retirar los candados de la cuchilla de la estación	4	INSTALAR	INTERNA
9	19	Habilitar la línea de AC de la estación	3		INTERNA
10	20	Reseteo el paro de emergencias	2		INTERNA
11	21	Conectar la nueva unidad en la estación	32		INTERNA
12	22	Habilitar la estación	1		INTERNA
13	23	Habilitar la unidad	5		EXTERNA
14	24	Habilitar el tubo de rayos X	6		EXTERNA
15	25	Dar disparos ha 80kv	1		EXTERNA
16	26	Medir la radiación del tubo de rayos X	3		EXTERNA
17	27	Deshabilitar el tubo de rayos X	6		INTERNA
18	28	Deshabilitar la unidad	1		INTERNA
19	29	Deshabilitar la estación	1		INTERNA
20	30	Liberación de las estación	10		EXTERNA
		TOTAL	99		

Figura 86 - Estudios de tiempos de la estrategia 5 (Remover e instalar).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del objetivo general.

Reducir los tiempos de la estación de pruebas 045, para realizar la validación de las fuentes de alto voltaje implementando la herramienta SMED de la Manufactura esbelta.

En las siguientes figuras se muestran las gráficas de las estrategias realizadas durante el cambio de modelo en la estación de pruebas 045. Las actividades, instalar y remover son representadas en porcentajes, también se muestra el tiempo de las actividades en minutos y la sumatoria de ambas actividades son el tiempo total de la estrategia.

4.2. Resultados de la Estrategia 1 (EST1). Se muestra la figura 87 una gráfica que contiene los resultados en porcentajes de las actividades de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estación de pruebas 045 y los porcentajes son:

- 1) Remover con el 56% y 450 Minutos (se muestra en la gráfica de color rojo).
- 2) Instalar con el 44% y 150 Minutos (se muestra en la gráfica de color verde).
- 3) Tiempo total de la EST1 es de 804 Minutos (Se muestra en la gráfica de color anaranjado).

4.2.1. Mejoras de la EST1.

- 1) Instalación de la central de cargas de 220vac
- 2) Instalación del Variac de 0 – 600vac de salida.

4.2.3 Reducción de pasos de la EST1.

- 1) Se eliminarón 21 pasos igual a 373 Mininutos que es 46% de las actividades.

PORCENTAJE DE INSTALAR Y REMOVER DURANTE EL CAMBIO DE MODELO EN LA ESTRATEGIA 1.

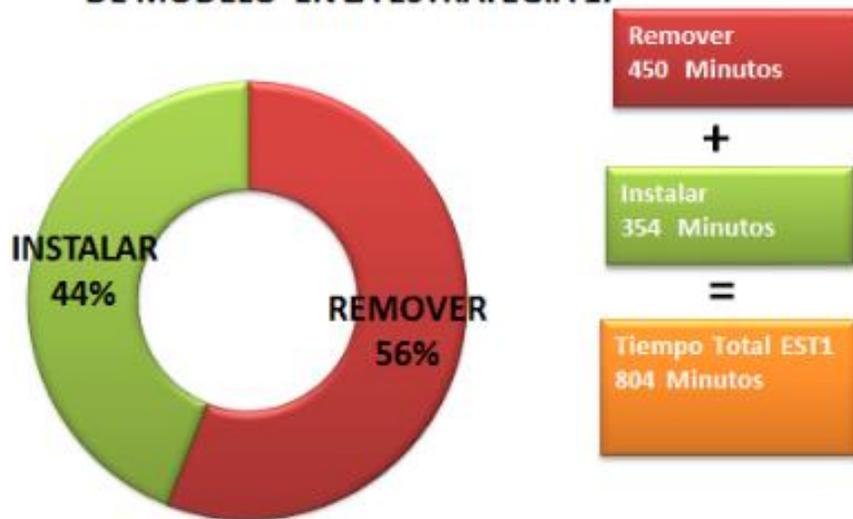


Figura 87 - Gráfica de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estrategia 1.

4.3. Resultados de la Estrategia 2 (EST2). Se muestra la figura 88 una gráfica que contiene los resultados en porcentajes de las actividades de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estación de pruebas 045 y los porcentajes son:

- 1) Remover con el 42% y 182 Minutos (se muestra en la gráfica de color rojo).
- 2) Instalar con el 58% y 249 Minutos (se muestra en la gráfica de color verde).
- 3) Tiempo total de la EST2 es de 431 Minutos (Se muestra en la gráfica de color anaranjado).

4.3.1. Mejoras de la EST2.

- 1) Se instalo una carga más grande en Anodo de 0 a 150kohm convirtiendose en universal para todas las unidades al implemtar conectores anderon.
- 2) Se instalo una carga más grande en Catodo de 0 a 150kohm convirtiendose en universal para todas las unidades al implemtar los conectores anderson.

4.3.2. Reducción de pasos de la EST2.

- 1) Se eliminaron 16 pasos igual a 124 Mininutos que es 29% de las actividades.

PORCENTAJE DE INSTALAR Y REMOVER DURANTE EL CAMBIO DE MODELO EN LA ESTRATEGIA 2.



Figura 88 - Gráfica de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estrategia 2.

4.4. Resultados de la Estrategia 3 (EST3). Se muestra la figura 89 una gráfica que contiene los resultados en porcentajes de las actividades de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estación de pruebas 045 y los porcentajes son:

- 1) Remover con el 40% y 126 Minutos (se muestra en la gráfica de color rojo).
- 2) Instalar con el 60% y 187 Minutos (se muestra en la gráfica de color verde).
- 3) Tiempo total de la EST3 es de 313 Minutos (Se muestra en la gráfica de color anaranjado).

4.4.1. Mejoras de la EST3:

- 1) Se selecciono un HVD para utilizarse en todas las unidades.
- 2) Todos los cables de HV se le instalo los conectores Anderson.

4.4.2 Reducción de pasos de la EST3.

- 2) Se eliminaron 12 pasos igual a 52 Mininutos que es el 12% de las actividades.

PORCENTAJE DE INSTALAR Y REMOVER DURANTE EL CAMBIO DE MODELO EN LA ESTRATEGIA 3.

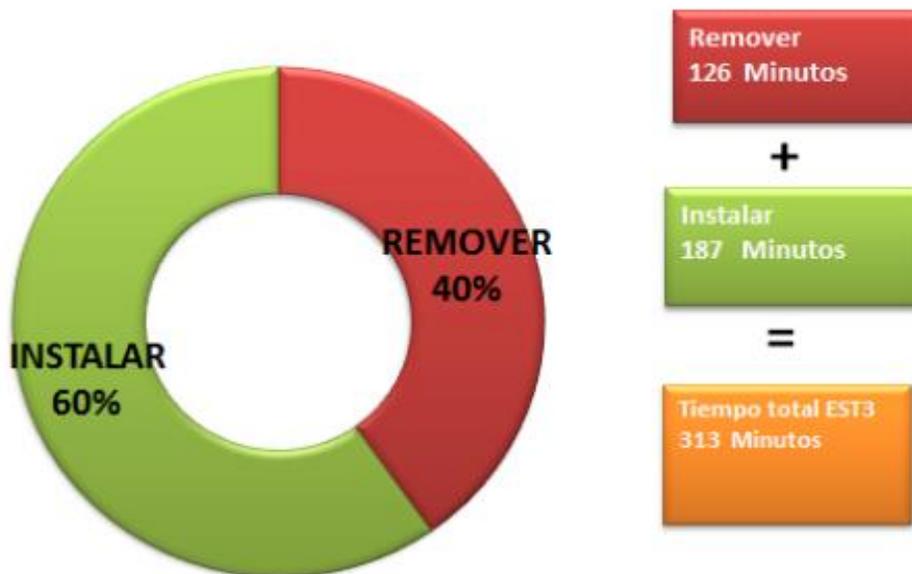


Figura 89 - Gráfica de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estrategia 3.

4.5. Resultados de la Estrategia 4 (EST4). Se muestra la figura 90 una gráfica que contiene los resultados en porcentajes de las actividades de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estación de pruebas 045 y los porcentajes son:

- 1) Remover con el 38% y 100 Minutos (se muestra en la gráfica de color rojo).
- 2) Instalar con el 62% y 161 Minutos (se muestra en la gráfica de color verde).
- 3) Tiempo total de la EST4 es de 261 Minutos (Se muestra en la gráfica de color anaranjado).

4.5.1. Mejoras de la EST4.

- 1) Se instalo el Tubo de rayos X de 80kw.
- 2) Conector master con configuraciones predeterminadas.

4.5.2. Reducción de pasos de la EST4.

- 3) Se eliminaron 12 pasos igual a 172 Mininutos que es 66% de las actividades.

PORCENTAJE DE INSTALAR Y REMOVER DURANTE EL CAMBIO DE MODELO EN LA ESTRATEGIA 4.

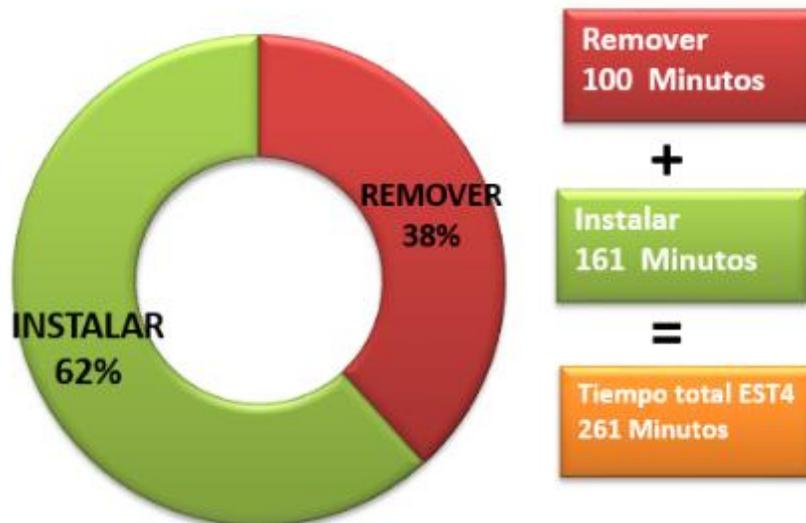


Figura 90 - Gráfica de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estrategia 4.

4.6. Resultados de la Estrategia 5 (EST5). Se muestra la figura 91 una gráfica que contiene los resultados en porcentajes de las actividades de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estación de pruebas 045 y los porcentajes son:

- 1) Remover con el 24% y 24 Minutos (se muestra en la gráfica de color rojo).
- 2) Instalar con el 76% y 75 Minutos (se muestra en la gráfica de color verde).
- 3) Tiempo total de la EST5 es de 99 Minutos (Se muestra en la gráfica de color anaranjado).

PORCENTAJE DE INSTALAR Y REMOVER DURANTE EL CAMBIO DE MODELO EN LA ESTRATEGIA 5.

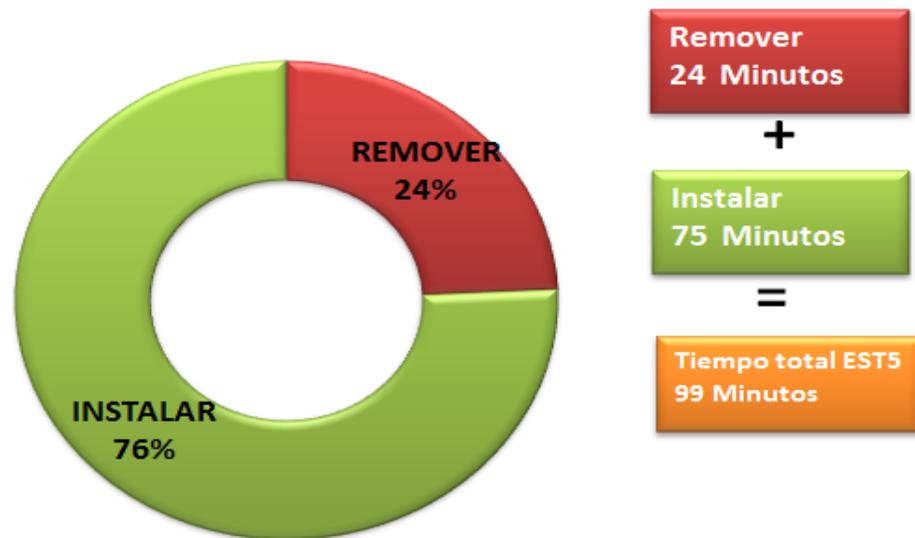


Figura 91 - Gráfica de instalar y remover durante el cambio de modelo en la estrategia 5.

4.7. Resultado de la disminución de pasos.

Durante el desarrollo de las estrategias se realizó un estudio de tiempos que contiene los pasos de las actividades de instalar y remover en la estación de pruebas 045. En la figura 92 se muestra una gráfica que contiene las estrategias de la EST1 a la EST5 con sus respectivos pasos. Los pasos van disminuyendo cada vez que se realiza una estrategia, porque en cada una se encuentran las observaciones. Se realizó una mejora para solucionar el problema y se eliminan pasos o se agregan pasos que permitan hacer los cambios de modelo más fácil y con menos tiempo. Los pasos de las estrategias son los siguientes:

- 1) **EST1** es igual a 77 pasos.
- 2) **EST2** es la EST1 menos 21 pasos eliminados es igual a 56 pasos.
- 3) **EST3** es la EST2 menos 16 pasos eliminados más 2 pasos agregados es igual a 42 pasos.
- 4) **EST4** es la EST3 menos 12 pasos es igual a 30 pasos.
- 5) **EST5** es la EST4 menos 12 pasos eliminados más 2 pasos agregados es igual a 20 pasos.

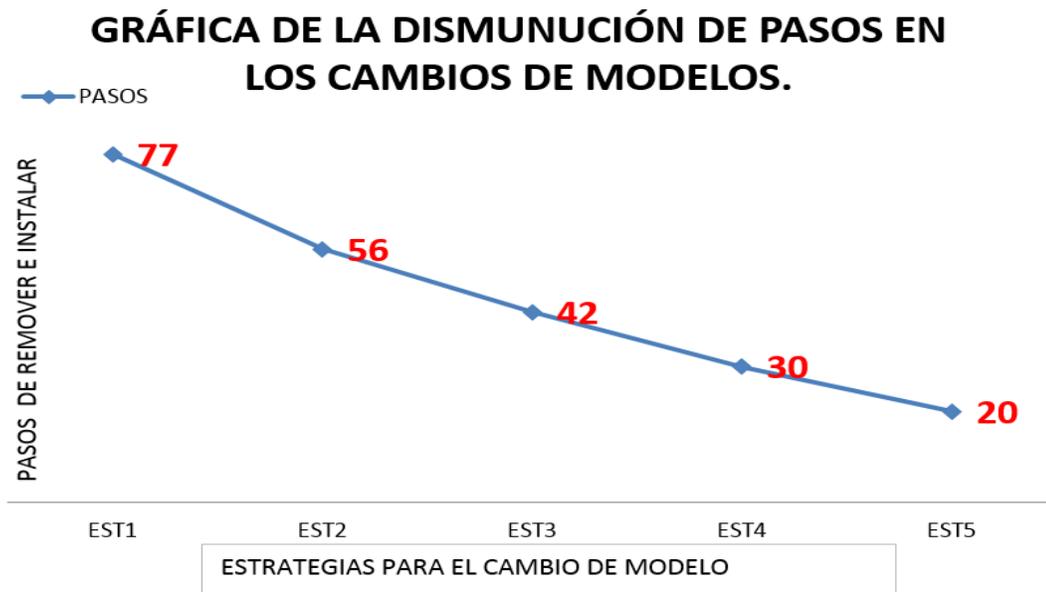


Figura 92 - Gráfica de la disminución de pasos en los cambios de modelos durante las estrategias.

4.8. Resultado de la disminución de tiempos muertos.

En la figura 93 se muestra una gráfica con los resultados de los tiempos de las estrategias de la EST1 a la EST5. Con las mejoras implementadas y la eliminación de pasos durante las estrategias se consiguen los siguientes resultados:

- 1) EST1 con 804 Minutos.
- 2) EST2 con 431 Minutos (Disminuyo un 46% con respecto a la EST1).
- 3) EST3 con 313 Minutos (Disminuyo un 29% con respecto a la EST2).
- 4) EST4 con 231 Minutos (Disminuyo un 17% con respecto a la EST3).
- 5) EST5 con 99 Minutos (Disminuyo un 66% con respecto a la EST4).

GRÁFICA DE LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LOS CAMBIOS DE MODELOS

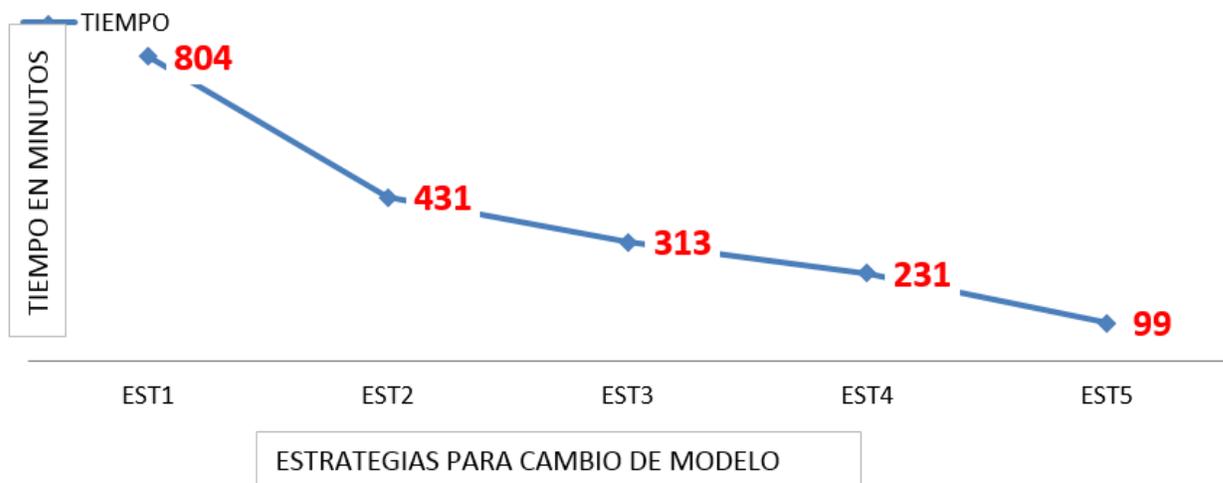


Figura 93 - Gráfica de la disminución de los tiempos muertos en los cambios de modelos durante las estrategias.

4.9 Resultado del cambio de modelo de las estrategias.

Comparando el tiempo muerto de la estrategia 1 contra el tiempo muerto de la estrategia 5 se logra disminuir un 88% el tiempo muerto de los cambios de modelos lo que equivale a 705 Minutos, El tiempo ahorrado se puede aprovechar para la producción de piezas o para realizar mantenimientos preventivos a la estación de pruebas 045. La gráfica del porcentaje del ahorro del cambio de modelo inicial vs estrategia 5 se muestra en la figura 94 con los datos siguientes:

- 1) EST1 con 804 Minutos (Cambio de modelo inicial es el 100%).
- 2) AHORRO 704 Minutos (Pasos eliminados y Mejoras es del 88%).
- 3) EST5 con 99 Minutos (ACTUAL es el 12%).

GRÁFICA DEL PORCENTAJE DEL AHORRO DEL CAMBIO DE MODELO INICIAL VS ESTRATEGIA 5

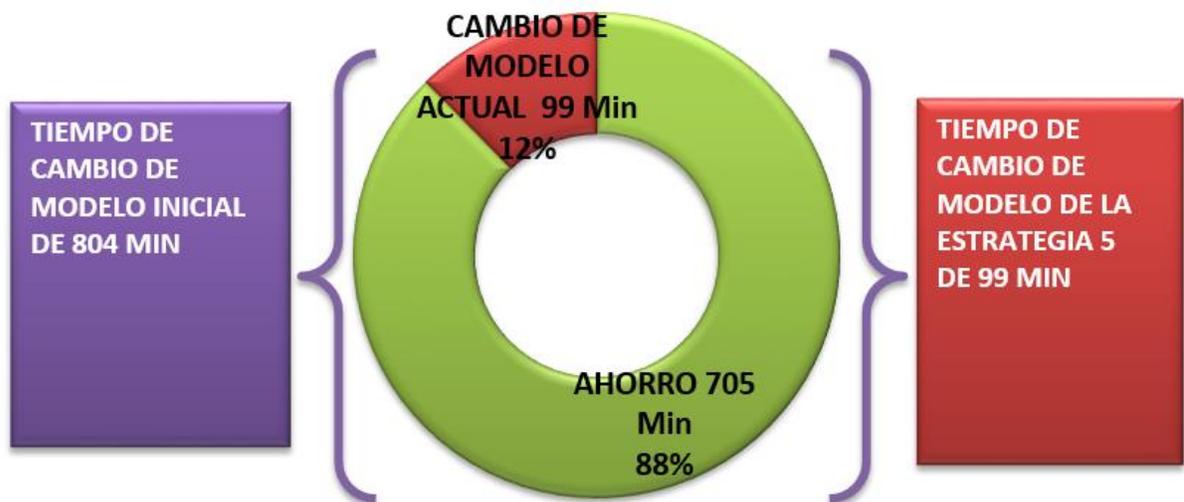


Figura 94 - Ahorro del cambio de modelo inicial vs estrategia 5.

4.9.1. Resultados secundarios.

4.9.2. Primer objetivo secundario

Uno de los objetivos secundarios es poder realizar todas las pruebas de la unidad en la misma estación donde se conecta, debido a que ciertos elementos que se requieren como son los sub - ensambles que se conectan a la unidad que debe de proporcionar el cliente no lo proporciona y la unidad se prueba hasta donde se puede y se envía al cliente con una desviación. Las unidades que se validaron en la estación de pruebas eléctricas 045 de las pruebas de pretest (PT), burn in (BI) y finaltest (FT) se muestran en la tabla de la figura 95. En la tabla se puede apreciar de color azul enumeradas del 1 al 14 las unidades que se validaron y las primeras unidades del 1 al 4 (Familias A, B, C y D), son las unidades que ya se probaban en el departamento y tenían su propia estación, y al validarse en la estación 045 se ha podido realizar todas las pruebas que requieren las unidades satisfactoriamente. En la figura 95 se puede apreciar de color rojo las rejillas con una (X) las pruebas que no se pueden realizar a las unidades en la estación 045 y de color verde son las pruebas que se pueden realizar a las unidades.

TABLA DE VALIDACIONES				
NO	MODELO	PT	BI	FT
1	X3815 (A)	✓	✓	✓
2	X4429 (B)	✓	✓	✓
3	X3338 (C)	✓	✓	✓
4	X3950 (D)	✓	✓	✓
5	X4292	✓	✓	x
6	X4218	✓	✓	x
7	X3601	x	✓	x
8	X4231	x	✓	x
9	X3677	x	✓	x
10	X3766	x	✓	x
11	X2790	x	✓	x
12	X3064	x	✓	x
13	X4838	x	✓	x
14	X4345	✓	✓	x

Figura 95 - Unidades validadas en la estación 045.

En figura 96 y figura 97 se muestra cuantas y hasta donde se pueden probar las unidades en la estación 045, como por ejemplo a 4 unidades se le puede hacer todas las pruebas que son 3 (PT-BI-FT), a 7 unidades solo se puede hacer una prueba de (BI), esta es la segunda prueba que requiere la unidad, para poder hacer la primera prueba que es el (PT) la unidad se prueba en otra estación y se mueve después a la estación 045. A las 3 unidades se le puede realizar las dos primeras pruebas (PT-BI) dejando pendiente las últimas pruebas de la unidad.

VALIDACIONES DE LA ESTACIÓN 045				
PRUEBAS	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	%ACUMULADO
BI	7	50.00%	7	50.00%
PT-BI-FT	4	28.57%	11	78.57%
PT- BI	3	21.43%	14	100.00%
TOTAL	14	100.00%		

Figura 96 - Frecuencias de las pruebas de PT, BI y FT.

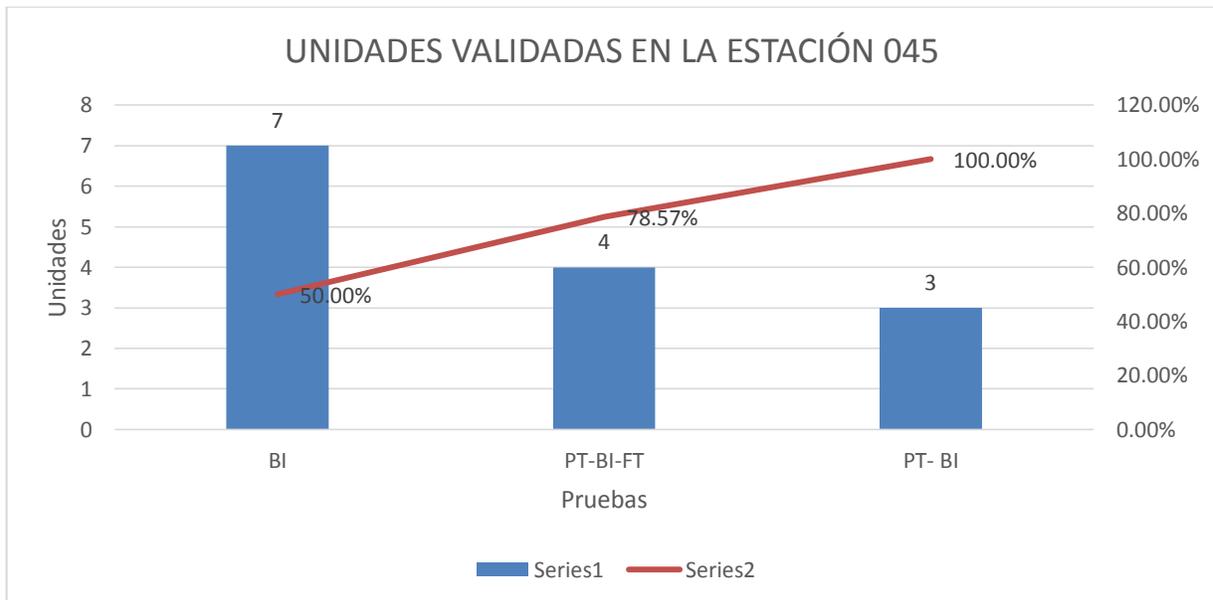


Figura 97 - Diagrama de las validaciones en la estación 045.

4.9.3. Segundo objetivo secundario.

El método SMED llevado a cabo en la estación de pruebas eléctricas 045 y en base a los resultados se decidió implementarse en dos estaciones más, pero en otro departamento. El departamento de reparaciones prueba las mismas unidades que el departamento de pruebas eléctricas, pero las unidades de reparaciones son las devoluciones de garantía que llegan de regreso para ser analizadas y probadas de nuevo. En la figura 98 identificado como CT con la estación 045 y reparaciones con las estaciones 116 y 054, la creación de estas estaciones se debe al aumento de las unidades de garantía y llamada a revisión de unidades sospechosas por algún defecto eléctrico, electrónico, etc. Las estaciones 054 y 116 se muestran en las figuras 99 y 100 la conversión a estaciones universales donde el departamento de pruebas eléctricas también las utiliza para validar las unidades cuando tiene todas sus estaciones ocupadas o están detenidas por un mantenimiento.



Figura 98 - Layout de las estaciones 045, 054 y 116



Figura 99 - Estación 054 del departamento de reparaciones.



Figura 100 - Estación 116 del departamento de reparaciones.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

El objetivo de herramienta SMED es la flexibilidad para realizar el cambio de modelo en menos de 10 minutos y mantener inventarios pequeños. El presente proyecto se buscó disminuir el tiempo muerto que ocasiona los cambios de modelo con la finalidad de aumentar la capacidad de producción de la estación de pruebas 0045 y mejorar la respuesta de las requisiciones que solicitan los clientes de nuevos productos o cambios específicos en algún componente de la unidad, esto puede ser de una requisición al año, no es necesario crear una nueva estación, porque solo se utilizara una vez. Cabe mencionar que las estrategias realizadas en este proyecto son 5 estrategias, pero no se logró llegar a la meta que marca el SMED de 10 minutos, pero si se cumple con los principios del SMED y supero el objetivo del departamento del ahorro del 40% del tiempo muerto del cambio de modelo en la estación de pruebas 045 con el 88%.

5.2 Recomendaciones

1) Cuidado de cables en general.

Los cables se deben de mantenerse en su respectivo contenedor o estante cuando no se utilicen, los cables de alto voltaje, no se deben de dejar caer porque aumenta la probabilidad de dañar los pines que tiene, se deben de colocar en la porta conector de cables de alto voltaje cuando estén conectados en la estación y no se estén utilizando. Los conectores Anderson deben de sujetarse bien porque si quedan flojos al cruzar el alto voltaje por los conectores se puede generar un arco eléctrico y quemarse.

2) Conector master

El conector master se debe sujetar con tornillos para que haga buen contacto y no se esté apagando la estación de pruebas.

3) Documentar

Documentar las actualizaciones de las mejoras de la estación de pruebas, todos los pasos del cambio de modelo, la información de debe agregar a un manual de preparación para el cambio de modelo de cada unidad.

4) Mantenimiento.

Se debe llevar acabo un check list diario de seguridad y de mantenimiento de la estación.

Trabajos citados

- Cruelles Ruiz, J. A. (2015). *INGENIERÍA INDUSTRIAL*. México: Alfaomega.
- Definición.de. (2015). *Definición.de*. Obtenido de Definición.de:
<http://definicion.de/productividad/>
- FUJITSU GLOVIA, Inc. (2015). Recuperado el 7 de marzo de 2018, de FUJITSU GLOVIA, Inc: <https://www.glovia.com/>
- FUJITSU GLOVIA, Inc. (2015). Recuperado el 7 de marzo de 2018, de FUJITSU GLOVIA, Inc: <https://www.glovia.com/>
- González, R. M. (2006). *Gestión de la producción: Cómo planificar y controlar la producción industrial*. España: Ideaspropias Editorial.
- Hellriegel, D., Jackson, S., & Slocum, J. (2009). *Administracion Un enfoque basado en competencias*. Mexico: CENGAGE Learning.
- Ocegeda Mercado, C. G. (2015). Metodología de la investigación Metodos,técnicas y estructuración de trabajos académicos. México,DF: Albox Editores,S.A.de C.V.
- Ocegueda, M. C. (2007). *Metodología de la Investigación, Métodos, Técnicas y Estructuración de Trabajos Académicos*. México: Anaya.
- Pere Ponsa, A. (s.f.). *Diseño Industrial, Universitat Politecnica Catalunya*. Recuperado el 7 de noviembre de 2016, de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>
- Peredes R, F. (09 de 03 de 2000). <http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg-micro> . Recuperado el 28 de 11 de 2017, de <http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg-micro> : <http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg-micro>
- Perez, C. J. (2012).
- Pinales López, F. J. (2015). *Reducción de tiempos en cambios de modelo en una linea de moldeo rotacional de PVC aplicando la herramienta SMED de la manufactura esbelta*. H, Matamoros: Instituto Tecnológico de Matamoros.

-
- Ponsa, A. P. (3 de diciembre de 2007). <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>. Recuperado el 2016 de 2016, de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>
- Ponsa, A. P. (3 de diciembre de 2007). <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>. Recuperado el 2016 de 2016, de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>
- Salvavidas, C. N. (16 de Agosto de 2015). *Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvavidas*. Recuperado el 28 de Junio de 2018, de Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvavidas: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/122281/NOM-002-NUCL-2015.pdf>
- Shingo, S. (1986). El sistema de producción TOYOTA. En Shingo, *El sistema de producción Toyota*. Japon.
- Shingo, S. (1987). *Una revolución en la producción: el sistema SMED*. Japon: Productivity Press.
- Shingo, S. (1989). El Sistema de Producción Toyota. En Shingo, *El sistema*. Madrid: Productivity Press.
- Social, S. d. (13 de Junio de 1994). *Secretaría del Trabajo y Previsión Social*. Recuperado el 28 de junio de 2018, de Secretaría del Trabajo y Previsión Social: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4948965&fecha=31/05/1999
- social, S. d. (27 de junio de 2007). *secretaría del trabajo y prevención social*. Recuperado el 28 de junio de 2018, de secretaria del trabajo y prevención social: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-017.pdf>
- SOLUTIONS, L. (2017). *LEAN SOLUTIONS*. Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de LEAN SOLUTIONS: <https://www.leansolutions.co/>
- tesis.uson.ms. (03 de septiembre de 2006). Recuperado el 29 de 11 de 2017, de http://www.manufacturaweb.com/nivel2.asp?pge=9&cve=81_26
- Vázquez Mosquera, D. A. (2011). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>. Recuperado el 04 de Marzo de 2018, de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>

Vázquez Mosquera, D. A. (2011).
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>.
Recuperado el 4 de Marzo de 2018, de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>

Wikipedi. (28 de Febrero de 2018). *Wikipedi*. Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de
Wikipedi:
https://es.wikipedia.org/wiki/Institute_of_Electrical_and_Electronics_Engineers

Wikipedia. (1 de marzo de 2018). Recuperado el 7 de marzo de 2018, de Wikipedia:
<https://es.wikipedia.org/wiki/SQL>

Wikipedia. (1 de marzo de 2018). Recuperado el 7 de marzo de 2018, de Wikipedia:
<https://es.wikipedia.org/wiki/SQL>

wikipedia. (s.f.). *wikipedia*. Recuperado el 11 de junio de 2018, de wikipedia:
[https://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_\(electricidad\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_(electricidad))

wikipedia. (s.f.). *wikipedia*. Recuperado el 11 de junio de 2018, de wikipedia:
https://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_el%C3%A9ctrica



Anexos

Lunes 31 de mayo de 1999

DIARIO OFICIAL

SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL

NORMA Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-STPS-1999, SISTEMAS DE PROTECCION Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN LA MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILICE EN LOS CENTROS DE TRABAJO

MARIANO PALACIOS ALCOCER, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3o., 4o. y 35 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; y 3o., 5o. y 22 fracciones I y XIII del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 13 de junio de 1994, fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1993, Relativa a los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria, equipos y accesorios en los centros de trabajo;

Que esta dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo cuarto transitorio primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado;

Que con fecha 26 de mayo de 1998, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, y que en esa misma fecha el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con el objeto de cumplir con los lineamientos contenidos en el acuerdo para la desregulación de la actividad empresarial, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 24 de noviembre de 1995, las modificaciones propuestas a la presente Norma fueron sometidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a la opinión del Consejo para la Desregulación Económica, y con base en ella se realizaron las adaptaciones procedentes, por lo que dicha dependencia dictaminó favorablemente acerca de las modificaciones contenidas en la presente Norma;

Que con fecha 9 de diciembre de 1998, en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto que dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que no habiendo recibido comentarios al presente Proyecto de Modificación de Norma Oficial Mexicana y adicionando el capítulo Unidades de Verificación en cumplimiento a la fracción V del artículo 28 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-STPS-1999, SISTEMAS DE PROTECCION Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN LA MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILICE EN LOS CENTROS DE TRABAJO

Anexo 1 NOM-004-STPS-1999

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

JAVIER LOZANO ALARCON, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 46, 47 fracción IV, 51 cuarto párrafo y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 4o. y 101 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, y 18 del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 27 de junio de 2007, en cumplimiento de lo previsto por el artículo 46 fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo, el Anteproyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana y que el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación;

Que con objeto de cumplir con lo dispuesto en los artículos 69-E y 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, el Anteproyecto correspondiente fue sometido a la consideración de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, la que dictaminó favorablemente en relación al mismo;

Que con fecha 22 de mayo de 2008, en cumplimiento del Acuerdo por el que se establece la organización y Reglas de Operación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo, y de lo previsto por el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2001, Equipo de protección personal- Selección, uso y manejo en los centros de trabajo, para quedar como PROY-NOM-017-STPS-2007, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo, a efecto de que, dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité;

Que habiendo recibido comentarios de cinco promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta dependencia las respuestas respectivas en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 2008 en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que derivado de la incorporación de los comentarios presentados al Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2001, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo, para quedar como PROY-NOM-017-STPS-2007, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo, así como de la revisión final del propio proyecto, se realizaron diversas modificaciones con el propósito de dar claridad, congruencia y certeza jurídica en cuanto a las disposiciones que aplican en los centros de trabajo, y

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-017-STPS-2008, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL-SELECCION, USO Y MANEJO EN LOS CENTROS DE TRABAJO

Anexo 2 - NOM-017-STPS-2008.

SECRETARÍA DE ENERGÍA

NORMA Oficial Mexicana NOM-002-NUCL-2015, Pruebas de fuga y hermeticidad para fuentes selladas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-NUCL-2015, PRUEBAS DE FUGA Y HERMETICIDAD PARA FUENTES SELLADAS.

JUAN EIBENSCHUTZ HARTMAN, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con fundamento en lo dispuesto por los artículos: 17 y 33 fracción XIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 50 fracción XI de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear; 38 fracción II, 40 fracción IV, 41, 43, 47 fracción IV, 51 y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 31 fracción III, 34, 39 y 48 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 1, 2, 3, 4, 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67 y 68 del Reglamento General de Seguridad Radiológica, y 2 inciso F, fracción I, 8 fracción XV, 40, 41 y 42 fracciones VIII, XII y XXXIV del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, y

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 6 de agosto de 2015, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-NUCL-2004, Pruebas de fuga y hermeticidad para fuentes selladas, a efecto de recibir comentarios de los interesados.

Segundo. Que transcurrido el plazo de 60 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para recibir los comentarios mencionados en el considerando anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, no recibió comentario alguno al respecto.

Tercero. Que en atención a lo expuesto en los considerandos anteriores y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-NUCL-2015, PRUEBAS DE FUGA Y HERMETICIDAD PARA FUENTES SELLADAS.

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana participaron representantes de las siguientes dependencias, instituciones, asociaciones y empresas:

SECRETARÍA DE ENERGÍA

Anexo 3 - NOM-002-NUCL-2015.

Bibliografía

tesis.uson.ms. (03 de septiembre de 2006). Recuperado el 29 de 11 de 2017, de http://www.manufacturaweb.com/nivel2.asp?pge=9&cve=81_26

FUJITSU GLOVIA, Inc. (2015). Recuperado el 7 de marzo de 2018, de FUJITSU GLOVIA, Inc: <https://www.glovia.com/>

FUJITSU GLOVIA, Inc. (2015). Recuperado el 7 de marzo de 2018, de FUJITSU GLOVIA, Inc: <https://www.glovia.com/>

Wikipedia. (1 de marzo de 2018). Recuperado el 7 de marzo de 2018, de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/SQL>

Wikipedia. (1 de marzo de 2018). Recuperado el 7 de marzo de 2018, de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/SQL>

Calderón Mendoza, J. (2009). *CONTROL Y MONITOREO SCADA DE UN PROCESO EXPERIMENTAL, UTILIZANDO PLC SIEMENS S7-300 Y SOFTWARE LABVIEW.* México, D.F: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA .

Cruelles Ruiz, J. A. (2015). *INGENIERÍA INDUSTRIAL.* México: Alfaomega.

Definición.de. (2015). *Definición.de.* Obtenido de Definición.de:
<http://definicion.de/productividad/>

Gómez, S. D. (2010). *El compromiso y clima organizacional en la empresa familiar de Rioverde y del Refugio Ciudad Fernández.* Recuperado el 29 de 09 de 2014, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/ejemplar?codigo=287249>

González, R. M. (2006). *Gestión de la producción: Cómo planificar y controlar la producción industrial.* España: Ideaspropias Editorial.

Gutiérrez, R. (1999). *Ventas y mercadotecnia para la pequeña y mediana empresa.* México: Universidad Iberoamericana.

Hellriegel, D., Jackson, S., & Slocum, J. (2009). *Administración Un enfoque basado en competencias.* Mexico: CENGAGE Learning.

Koontz, H., & Wehrich, H. (1998). *ADMINISTRACION una perspectiva global.* Mexico: Mc Graw Hill.

León Turrubiates, E. A. (2013). *Supervisión y Automatización Industrial.* México: CNAD.

Mercado, S. (2004). *Mercadotecnia programada.* Mexico: LIMUSA S.A DE C.V.

Munch, L. (2005). *Evaluación y control de la gestión.* México. D.F.: Trillas.

OCEANO. (2003). *Enciclopedia práctica de la pequeña y mediana empresa PYME.* En C. Gisper. Barcelona España: Oceano.

Ocegeda Mercado, C. G. (2015). *Metodología de la investigación Metodos,técnicas y estructuración de trabajos académicos.* México,DF: Albox Editores,S.A.de C.V.

Ocegueda, M. C. (2007). *Metodología de la Investigación, Métodos, Técnicas y Estructuración de Trabajos Académicos.* México: Anaya.

Pere Ponsa, A. (s.f.). *Diseño Industrial, Universitat Politecnica Catalunya.* Recuperado el 7 de noviembre de 2016, de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

Peredes R, F. (09 de 03 de 2000). <http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg-micro> . Recuperado el 28 de 11 de 2017, de <http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg-micro> : <http://www.cdi.org.pe/gifs/temas/smed.jpg-micro>

Perez, C. J. (2012).

Pinales López, F. J. (2015). *Reducción de tiempos en cambios de modelo en una línea de moldeo rotacional de PVC aplicando la herramienta SMED de la manufactura esbelta*. H, Matamoros: Instituto Tecnológico de Matamoros.

Ponsa, A. P. (3 de diciembre de 2007). <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>. Recuperado el 2016 de 2016, de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

Ponsa, A. P. (3 de diciembre de 2007). <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>. Recuperado el 2016 de 2016, de <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

Robbins, S., & Coulter, M. (2005). *Administracion*. Mexico: PEARSON Educacion.

Rodriguez, V. J. (2002). *Administracion de Pequeñas Y Medianas Empresas*. Mexico: Cengage Learning.

Shingo, S. (1986). El sistema de producción TOYOTA. En Shingo, *El sistema de producción Toyota*. Japon.

Shingo, S. (1987). *Una revolución en la producción: el sistema SMED*. Japon: Productivity Press.

Shingo, S. (1989). El Sistema de Producción Toyota. En Shingo, *El sistema*. Madrid: Productivity Press.

SOLUTIONS, L. (2017). *LEAN SOLUTIONS*. Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de LEAN SOLUTIONS: <https://www.leansolutions.co/>

Vázquez Mosquera, D. A. (2011). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>. Recuperado el 04 de Marzo de 2018, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>

Vázquez Mosquera, D. A. (2011). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>. Recuperado el 4 de Marzo de 2018, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>

Wikipedi. (28 de Febrero de 2018). *Wikipedi*. Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de Wikipedi:

https://es.wikipedia.org/wiki/Institute_of_Electrical_and_Electronics_Engineers

wikipedia. (s.f.). *wikipedia*. Recuperado el 11 de junio de 2018, de wikipedia:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_\(electricidad\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Tensi%C3%B3n_(electricidad))

wikipedia. (s.f.). *wikipedia*. Recuperado el 11 de junio de 2018, de wikipedia:

https://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_el%C3%A9ctrica