



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO FASE II

**INGENIERO ASISTENTE DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, DIAMOND ELECTRIC
COMPANY**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

11541191

LISANDRO ANDRÉS MENDOZA REYES

ASESOR METODOLÓGICO: ING. RIGOBERTO CASTRO CASTRO

CAMPUS TEGUCIGALPA; JULIO, 2020

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a nuestras familias, amigos y maestros, quienes nos han ayudado a superarnos como estudiantes y personas a lo largo de nuestra vida estudiantil.

RESUMEN EJECUTIVO

Diamond Electric Company (DEC) es una empresa de origen hondureña que fue fundada en el año 2017 por el Sr. Benito Morales. DEC está caracterizada por la producción de cables eléctricos de cobre y aluminio de uso doméstico e industrial. En DEC se producen cables de diversos calibres dependiendo de su finalidad. En su mayoría se producen cables eléctricos THHN, THWN y THHN/THWN estos son cables de alma de cobre con aislamiento termoplástico recubiertos por una capa de nylon.

Asimismo, DEC se dedica al desarrollo e implementación de diversos proyectos en conjunto con su empresa hermana Recicladora Diamante. Ambas empresas están localizadas en la carretera salida a Olancho frente a Mall Premier, con un alrededor de 150 empleados.

En el presente informe se detallan las actividades y diferentes proyectos en los cuales se desempeñó en la práctica profesional como Ingeniero en Mecatrónica en DEC. Dicha práctica se realizó en el periodo de Enero a Marzo de 2020.

El departamento de mantenimiento industrial de DEC se encarga de brindar mantenimiento industrial a todas las máquinas y líneas de producción del plantel, así como de desarrollar e implementar nuevas líneas de producción en las empresas Diamante.

Entre las actividades que se detallan en este informe se encuentran el desarrollo e implementación del sistema de control de una línea de lavado de RPET, el desarrollo del gabinete de control de potencia de una nueva línea de lavado PET así como el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos y componentes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Lista de Siglas	1
Glosario.....	2
I. Introducción	3
II. Generalidades de la Empresa.....	4
2.1 Descripción de la Empresa.....	4
2.2 Descripción del Departamento	4
2.3 Objetivos del Puesto	4
2.3.1 Objetivo General.....	4
2.3.2 Objetivos Específicos	5
III. Marco teórico	6
3.1 Mantenimiento Industrial.....	6
3.2 Tipos de mantenimiento industrial.....	7
3.2.1 Mantenimiento Correctivo.....	7
3.2.2 Mantenimiento predeterminado.....	8
3.2.3 Mantenimiento basado en condición.....	9
3.2.4 Mantenimiento predictivo	9
3.2.5 Mantenimiento preventivo	10
3.3 Mantenimiento Productivo Total	11
3.3.1 Beneficios del TPM	12
3.4 Instalaciones Eléctricas Industriales.....	12
3.5 Procesos de producción de cables eléctricos.....	13
3.5.1 Trefilado.....	14

3.5.2 Trenzado.....	15
3.5.3 Aislamiento.....	16
3.6 Plásticos PET.....	16
3.6.1 RPET.....	18
3.7 Proceso de reciclaje PET	19
3.8 Beneficios del reciclaje de botellas PET	20
IV. Descripción del trabajo realizado.....	22
4.1 Desarrollo e instalación del sistema de control eléctrico del Proyecto de Lavado de Finos RPET.....	22
4.1.1 Descripción de proyecto.....	22
4.1.2 Descripción de trabajo desarrollado.....	22
4.2 Desarrollo de Proyecto de Línea de Lavado PET.....	35
4.2.1 Descripción de proyecto.....	35
4.2.2 Descripción de trabajo desarrollado.....	35
4.3 Cronograma de Actividades.....	42
V. Conclusiones.....	44
VI. Recomendaciones	45
Bibliografía.....	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mantenimiento Industrial.....	6
Ilustración 2. Tipos de mantenimiento según norma EN13306	7
Ilustración 3. Mantenimiento Correctivo.....	8
Ilustración 4. Mantenimiento Predeterminado.....	8
Ilustración 5. Supervisión remota del equipo.....	9
Ilustración 6. Análisis de Vibraciones.....	10
Ilustración 7. Criterios de mantenimiento	10
Ilustración 8. Pilares del TPM.....	11
Ilustración 9. Instalaciones eléctricas industriales.....	13
Ilustración 10. Trefilado de cobre	14
Ilustración 11. Trenzado de cable.....	15
Ilustración 12. aplicación de aislamiento	16
Ilustración 13. Botellas PET	18
Ilustración 14. Productos del RPET	18
Ilustración 15. Proceso de reciclaje de PET	19
Ilustración 16. PET reciclado (RPET)	20
Ilustración 17. Diagrama de funcionamiento de línea de lavado	23
Ilustración 18. Variadores de velocidad.....	24
Ilustración 19. Placa de variador VF-s11.....	24
Ilustración 20. Placa de variador FVR-micro	25
Ilustración 21. Diagrama eléctrico de conexión de motor trifásico con variador.....	26
Ilustración 22. Panel de control	27

Ilustración 23. Panel principal.....	28
Ilustración 24. Instalación de líneas 480V	29
Ilustración 25. Sensor capacitivo	30
Ilustración 26. Medidor de velocidad EATON	31
Ilustración 27. Diagrama de conexión.....	31
Ilustración 28. Secadora de finos RPET	32
Ilustración 29. Pruebas en transformadores	33
Ilustración 30. Pruebas en transformadores 2.....	34
Ilustración 31. Pruebas en transformadores 3.....	34
Ilustración 32. Diagrama eléctrico de arrancador estrella delta.....	36
Ilustración 33. Panel por utilizar para línea de lavado	37
Ilustración 34. Panel de control de potencia	38
Ilustración 35. Breakers trifásicos.....	39
Ilustración 36. Contactos de breaker trifásico.....	39
Ilustración 37. Contactos de contactores trifásicos.....	40
Ilustración 38. Programación de sistemas estrella-delta (parte 1)	41
Ilustración 39. Programación de sistemas estrella-delta (parte 2)	41
Ilustración 40. Actividades de proyecto de lavado de finos RPET	43
Ilustración 41. Actividades de proyecto de nueva línea de lavado PET.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de Actividades.....	42
---	----

LISTA DE SIGLAS

DEC	Diamond Electric Company
EPR	Etileno Propileno
PET	Tereftalato de Polietileno
PVC	Policloruro de Vinilo
THHN	Thermoplastic High Heat Resistant Nylon-coated (Termoplástico Recubierto de Nylon de Alta Resistencia al Calor, en español)
THWN	Thermoplastic Heat and Water Resistant Nylon-coated (Termoplástico Recubierto de Nylon Resistente al Calor y el Agua, en español)
XLPE	Polietileno Reticulado

GLOSARIO

Termoplásticos: Dicho de un material: Maleable por el calor (RAE, 2019).

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial es un conjunto de acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de una maquinaria y designadas para mantener o restaurar un estado en el que puede realizar su función requerida. Este servicio está estrechamente relacionado con el progreso tecnológico regular, con la aparición de nuevos modos de gestión y con la necesidad de reducir los costos de producción, debido a esto está en constante evolución. Su función en la actualidad ya no se limita a reparar los errores, sino también a anticipar y evitar el mal funcionamiento, e incluso controlar de forma remota las cadenas de producción (Rachidi, 2019).

Diamond Electric Company (DEC) es una empresa de origen hondureña que fue fundada en el año 2017. DEC está caracterizada por la producción de cables eléctricos de cobre y aluminio de uso doméstico e industrial. En DEC se producen cables de diversos calibres dependiendo de su finalidad. En su mayoría se producen cables eléctricos THHN, THWN y THHN/THWN estos son cables de alma de cobre con aislamiento termoplástico recubiertos por una capa de nylon.

En el presente informe se presentarán las diversas actividades realizadas como práctica profesional, desempeñando como Ingeniero Asistente de Mantenimiento Industrial en el Departamento de Mantenimiento Industrial de DEC, empresa que se dedica a la producción de cables eléctricos de uso doméstico e industrial.

Desempeñando como Ingeniero Asistente de Mantenimiento Industrial, se colaboró con el desarrollo de dos proyectos enfocados al área de reciclaje. Se desarrollo e instalo el proyecto de recuperación de finos RPET para el aprovechamiento de los desechos, asimismo se trabajó en el desarrollo del gabinete de control de la nueva línea de lavado PET.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Diamond Electric Company (DEC) es una empresa de origen hondureña que fue fundada en el año 2017 por el Sr. Benito Morales. DEC es una empresa que se dedica a la producción de cables eléctricos de cobre con aislación termoplástica y de aluminio en diversidad de calibres, así como a la creación e implementación de diversos proyectos en conjunto con su empresa hermana Recicladora Diamante. Las empresas Diamante cuentan con un aproximado de 150 empleados y están localizadas en la carretera salida a Olancho frente a Mall Premier.

En consecuencia, al incremento del precio del cobre en el mercado internacional, DEC actualmente se dedica a la elaboración de nuevas líneas de producción en conjunto con su empresa hermana Recicladora Diamante, como lo son una línea de lavado de finos de Tereftalato de polietileno (PET) así como una línea de lavado de verde. Ambas líneas de lavado son de residuos de materiales de reciclaje de botellas de plástico, que no son procesados en la Recicladora Diamante.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El departamento de mantenimiento industrial de DEC se encarga de brindar mantenimiento industrial a todas las máquinas y líneas de producción del plantel, así como de desarrollar e implementar nuevas líneas de producción en las empresas Diamante.

2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Colaboración en el desarrollo de dos proyectos de nuevas líneas de producción enfocadas al reciclaje de PET, propuestos por DEC.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar e implementar el sistema de control del proyecto de una línea de lavado de finos RPET.
2. Desarrollar el sistema de control de potencia del proyecto de una nueva línea de lavado de botellas PET.
3. Realizar la programación de PLC correspondiente para el correcto funcionamiento del sistema de control de potencia de la nueva línea de lavado de botellas PET.
4. Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos a utilizar en los proyectos propuestos.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial es un conjunto de acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de una maquinaria y designadas para mantener o restaurar un estado en el que puede realizar su función requerida. Este servicio está estrechamente relacionado con el progreso tecnológico regular, con la aparición de nuevos modos de gestión y con la necesidad de reducir los costos de producción, debido a esto está en constante evolución. Su función en la actualidad ya no se limita a reparar los errores, sino también a anticipar y evitar el mal funcionamiento, e incluso controlar de forma remota las cadenas de producción. (Rachidi, 2019)



Ilustración 1. Mantenimiento Industrial

Fuente: (Dreamtime, 2019)

El mantenimiento industrial se ha convertido en uno de los elementos primordiales en el funcionamiento de una industria, ya que los problemas técnicos o el funcionamiento anormal de las herramientas de producción y el incumplimiento de los plazos de producción causan gastos adicionales que las empresas no están dispuestas a soportar. Debido a esto la empresa debe anticipar estos problemas y analizar sus efectos a largo plazo. Como el mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo se enfoca en mejorar la confiabilidad de los equipos y calidad de los productos (Cabrera, 2014).

3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El hecho que cada planta o instalación tiene necesidades únicas y precisas causa que una estrategia de mantenimiento específica sea planificada y desarrollada para garantizar la confiabilidad del equipo y de los procesos. Debido a esto es necesario identificar los distintos tipos de mantenimiento industrial y sus beneficios (Quality Millwright, 2019).

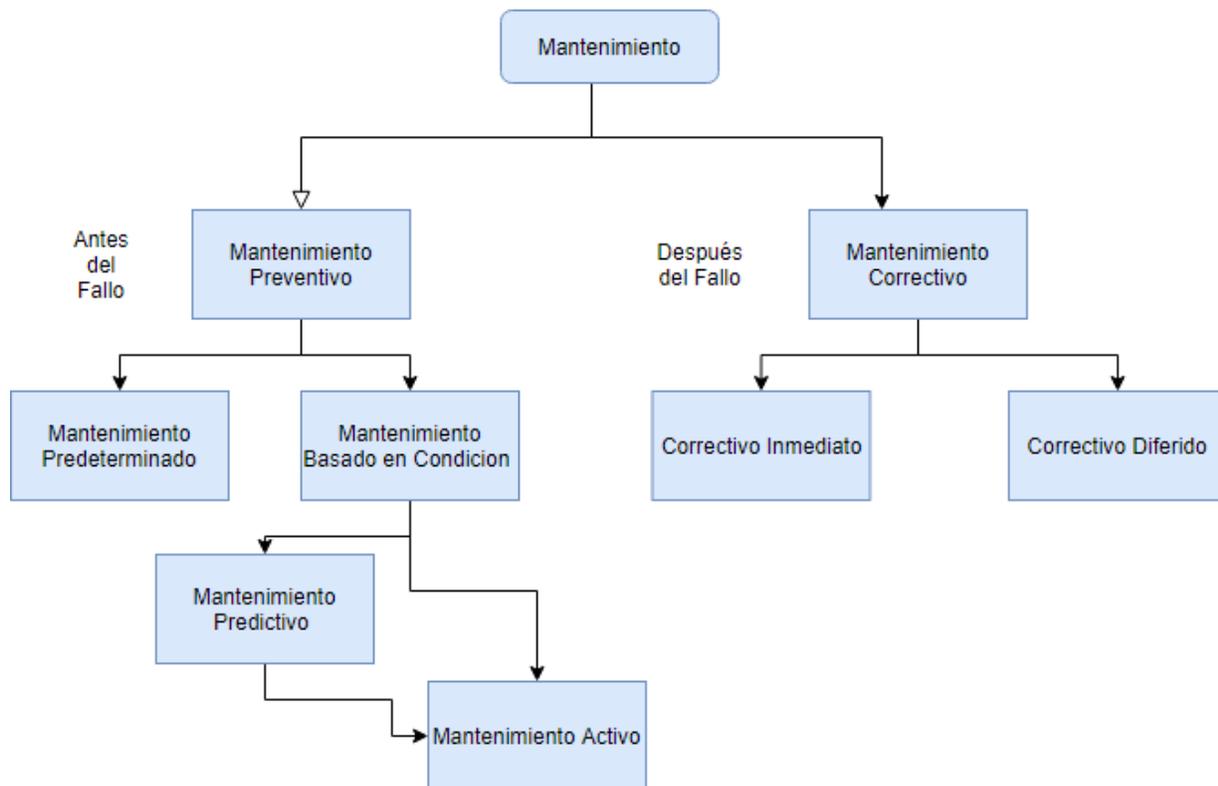


Ilustración 2. Tipos de mantenimiento según norma EN13306

Fuente: (Sexto, 2017)

3.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Como su nombre indica, el mantenimiento correctivo se aplica justo después de que se identifica un problema en una línea de producción. Las medidas correctivas solo se centran en arreglar la pieza del equipo y hacer que vuelva a funcionar. El mantenimiento correctivo no planificado es necesario cuando no se puede anticipar un problema con el mantenimiento preventivo (Christiansen, 2019).

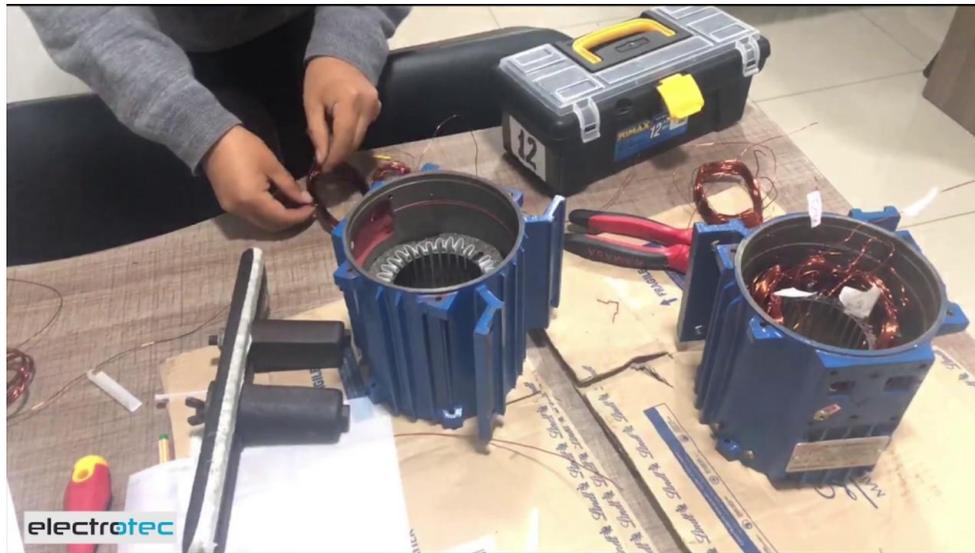


Ilustración 3. Mantenimiento Correctivo

Fuente: (Electrotec, 2018)

3.2.2 MANTENIMIENTO PREDETERMINADO

El mantenimiento predeterminado no es un tipo de mantenimiento popular, ya que depende de los programas entregados por los fabricantes. En otras palabras, este tipo de mantenimiento se implementa de acuerdo con los programas descritos por los fabricantes. Si bien el departamento de mantenimiento tiene que confiar en el programa del fabricante, existe el riesgo de que se produzca un tiempo de inactividad que puede afectar la productividad (MobilityWork, 2019).

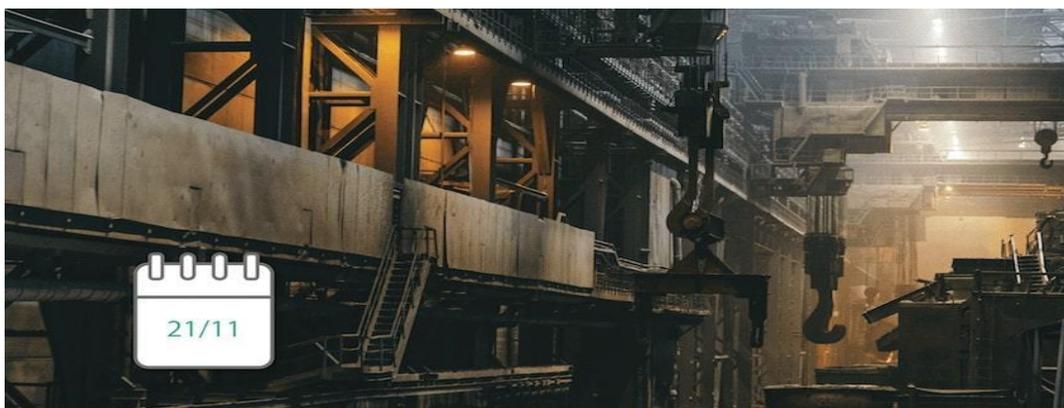


Ilustración 4. Mantenimiento Predeterminado

Fuente: (Mobility Work, 2017)

3.2.3 MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN

El mantenimiento basado en la condición es el más complicado de implementar. Su objetivo es evitar fallas y requiere revisiones periódicas del estado, la eficiencia y otros indicadores del sistema. Todos estos datos se pueden recopilar automáticamente en el campo o de forma remota gracias a una conexión de red directa al equipo, para asegurarse de que se controle constantemente. Los equipos de mantenimiento pueden decidir si desean operar el control de intervalos constantes o regulares: leen los contadores, verifican el desgaste de las piezas, controlan las temperaturas de los motores ... Estas son todas las acciones que los equipos pueden realizar para asegurarse de que ninguna pieza cause una avería que dañe el Línea de producción completa (MobilityWork, 2019).



Ilustración 5. Supervisión remota del equipo

Fuente: (Hitachi, 2019)

3.2.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de monitoreo de condición para rastrear el desempeño del equipo durante la operación normal para detectar posibles defectos y repararlos antes de que resulten en una falla (Fiix, 2018).

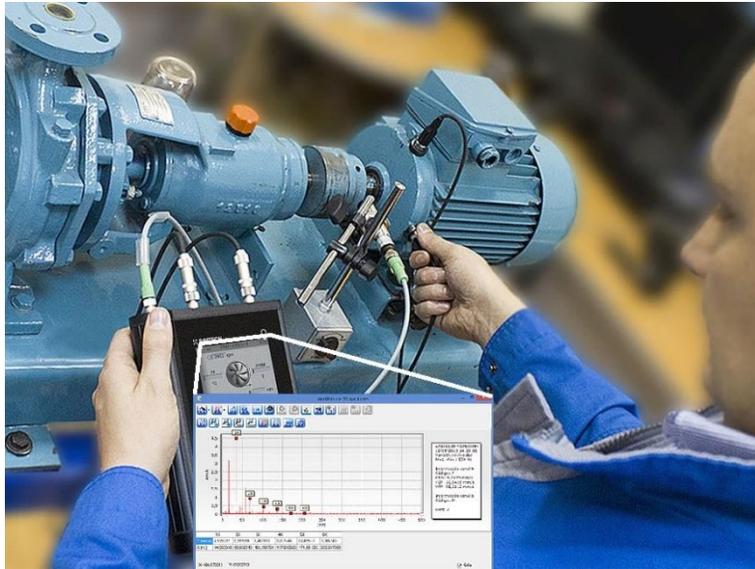


Ilustración 6. Análisis de Vibraciones

Fuente: (Preditechnology, 2020)

3.2.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo (o mantenimiento preventivo) es el mantenimiento que se realiza regularmente en un equipo para disminuir la probabilidad de que falle. Se realiza mientras el equipo todavía está funcionando para que no se descomponga inesperadamente (Fiix, 2018).



Ilustración 7. Criterios de mantenimiento

Fuente: (Rodriguez, 2017)

3.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un programa de mantenimiento que involucra un concepto recientemente definido para el mantenimiento de plantas y equipos. El objetivo del programa TPM es aumentar notablemente la producción y al mismo tiempo, aumentar la moral de los empleados y la satisfacción laboral (Lean manufacturing, 2019).

Este surge de los conceptos de mantenimiento preventivo en los años 1950s. El mantenimiento preventivo es el mantenimiento que se realiza regularmente en un equipo para disminuir la probabilidad de que falle. Se realiza mientras el equipo todavía está funcionando para que no se descomponga inesperadamente (Salazar, 2019).

El TPM se basa en ocho actividades en conjunto comúnmente conocidas como pilares fundamentales, los cuales brindan un camino a seguir para lograr los objetivos de eliminar o reducir las pérdidas en los procesos de producción. Estos pilares están enfocados en mejorar la confiabilidad y funcionamiento de las máquinas (Ananth, 2017).



Ilustración 8. Pilares del TPM

Fuente: (Romero, 2019)

3.3.1 BENEFICIOS DEL TPM

TPM es un modelo de manufactura que se centra en lograr una producción casi perfecta. Los objetivos de TPM son altos: sin fallas, sin pequeñas paradas o funcionamiento lento, sin defectos y sin accidentes (Thompson, 2019).

Entre los principales beneficios del TPM están:

1. Menos tiempo de mantenimiento no planificado

TPM asigna los trabajos tradicionalmente realizados por el personal de mantenimiento a todo el personal de la planta. De esa manera, todos son responsables del mantenimiento de la maquinaria y el equipo lo que disminuye la posibilidad de desperfectos en la maquinaria.

2. Un espacio de trabajo más seguro

TPM busca garantizar que todos los espacios de trabajo estén ordenados, limpios y estandarizados en todo momento, resultando en un lugar de trabajo más seguro. El mantenimiento continuo de la maquinaria da como resultado maquinas limpias y saludables que tienen menos probabilidades de tener rodamientos sueltos, fugas de lubricantes o problemas ocultos debajo de capas de mugre.

3. Mayor calidad de producción

TPM integra mejoras de calidad a las cadenas de producción lo que genera un incremento de calidad en el producto final.

3.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

En el mundo de hoy, casi todo lo que nos rodea requiere algún tipo de instalación eléctrica.

Una instalación eléctrica comprende todo el equipo eléctrico fijo que se suministra a través del medidor de electricidad. Incluye los cables que generalmente están ocultos en las paredes y techos, accesorios (como enchufes, interruptores y accesorios de iluminación) y la unidad de consumo (caja de fusibles) que contiene todos los fusibles e interruptores automáticos (Niceic, 2020).



Ilustración 9. Instalaciones eléctricas industriales

Fuente: (Gigawatt, 2019)

Todas las instalaciones eléctricas se rigen por normativas en base a su finalidad, sea industrial, comercial, residencial u otra. El diseño, la instalación y las pruebas están basadas en ciertas reglas, regulaciones y estándares. Generalmente, las regulaciones tienen como principal objetivo garantizar la seguridad de las personas y de la propiedad durante la operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas. Mientras los estándares generalmente describen la construcción, desempeño y las pruebas de calidad de los equipos y de las instalaciones. De esta forma, estas regulaciones y estándares buscan asegurar calidad y seguridad en las instalaciones.

3.5 PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CABLES ELÉCTRICOS

Un conductor es un material por el cual se puede transmitir la electricidad. Los conductores eléctricos están formados por metales como cobre, aluminio, etc. La mayoría de los cables están hechos de cobre porque este material conduce electricidad con alta flexibilidad y muy poca resistencia.

Los tipos de cables eléctricos más comunes son:

- Cable coaxial:
- Cable de comunicaciones
- Cables flexibles
- Cable multinúcleo
- Cable blindado:
- Cable solido
- Cable sumergible
- Cable Triplex
- Par trenzado

Los procesos de producción de cables eléctricos en su mayoría siguen las siguientes etapas:

3.5.1 TREFILADO

En esta etapa se reduce el diámetro del alambre de cobre, de una forma gradual, hasta obtener el diámetro final deseado. Este diámetro depende de la finalidad del cable a producir, ya que los cables con diámetros mayores soportan corrientes superiores.



Ilustración 10. Trefilado de cobre

Fuente: (Engineering Works, 2019)

3.5.2 TRENZADO

Después de que los alambres individuales se hayan hecho por trefilado, se enroscan en un conductor trenzado a través de un proceso conocido como trenzado. En comparación con un solo conductor sólido del mismo diámetro, un conductor trenzado es mucho más flexible y, por lo tanto, es menos probable que se rompa (QUEINS, 2019).

La norma IEC 60228 clasifica los conductores según flexibilidad. Los conductores sólidos y simples se asignan a la clase 1. Los conductores trenzados se asignan a las otras clases. Estas clases reflejan la flexibilidad del conductor que aumenta con la finura de los cables individuales:

- Clase 1: sólido
- Clase 2: varados
- Clase 5: flexible
- Clase 6: altamente flexible



Ilustración 11. Trenzado de cable

Fuente: (QUEINS, 2019)

3.5.3 AISLAMIENTO

Es la etapa en la cual se aplica un recubrimiento aislante sobre el conductor para así evitar las fugas de corriente. En este proceso, el material aislante se agrega mediante un proceso de extrusión a alta temperatura. El aislamiento asegura que no haya fugas de corriente. Se pueden usar varios materiales aislantes: como lo son PVC, EPR, XLPE entre otros (Top Cable, 2017).

Se pueden usar diferentes materiales de aislamiento dependiendo de las características del cable requerido. La calidad de un material de aislamiento depende de dos características básicas: su capacidad de aislamiento y su resistencia al calor. La capacidad de aislamiento del material y su grosor determinan el voltaje de servicio máximo del cable (Wire cable, 2019).

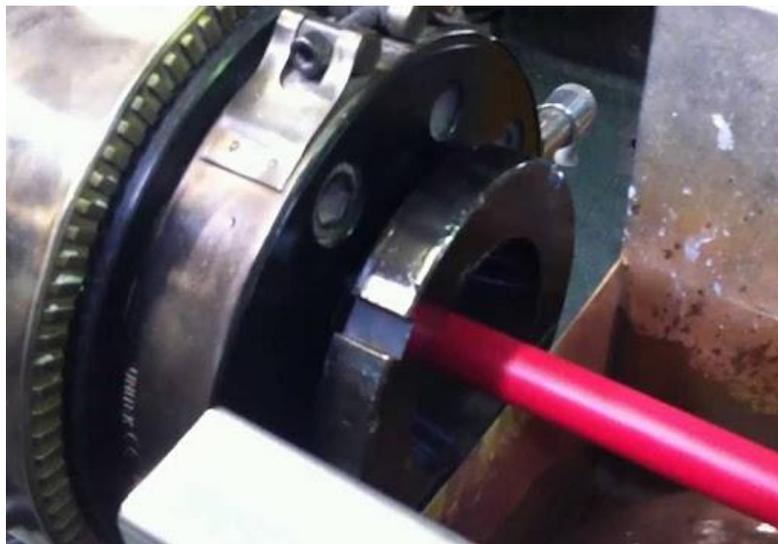


Ilustración 12. aplicación de aislamiento

Fuente: (HELUKABEL, 2019)

3.6 PLÁSTICOS PET

El tereftalato de polietileno (PET) es un tipo de plástico comúnmente usado en envases de bebidas. A diferencia de otros tipos de plásticos, el PET se considera seguro y se representa en botellas de agua con el número "1", lo que indica que es una opción segura. Estos plásticos son un tipo de resina polimérica termoplástica, útil en diversas aplicaciones, incluida la producción de

fibra sintética, en contenedores que contienen alimentos y en aplicaciones de termoformado (ThoughtCo, 2018).

Algunas características que convierten al PET como el material más utilizado en la fabricación de botellas plásticas son las siguientes:

- Tiene un excelente nivel de resistencia al desgaste en comparación con otros plásticos.
- Tiene un alto módulo de flexión.
- Tiene un nivel superior de estabilidad que lo hace versátil y fuerte.
- Tiene un bajo coeficiente de fricción, lo que lo hace útil en diversas aplicaciones en las que otros plásticos no lo son.
- Los productos químicos del plástico no se filtran en el líquido o los alimentos almacenados en él, lo que lo convierte en uno de los productos más importantes para el almacenamiento de alimentos.

El PET es considerado un plástico altamente reciclable. Los envases de PET usados se pueden lavar y volver a fundir en plasma, a partir de los cuales se pueden fabricar nuevos artículos. Sin embargo, puede ser muy difícil recolectar plásticos limpios y de alta calidad. Esto significa que muy pocos recipientes de PET pueden volver a ingresar al ciclo como recipientes de grado alimenticio. Menos de la mitad de las botellas de plástico compradas cada año llegan a las instalaciones de reciclaje. Solo alrededor del 7% de los reciclados se vuelven a convertir en botellas utilizables (ThoughtCo, 2018).



Ilustración 13. Botellas PET

Fuente: (Sunswell, 2019)

3.6.1 RPET

RPET significa PET reciclado. El PET es un material resistente, duradero y reciclable que se utiliza para botellas de refrescos, botellas de agua y frascos de alimentos, mientras que el RPET se puede convertir en productos como mantas, aislamientos, piezas de automóviles, zapatos y más. RPET se produce recolectando, clasificando y reciclando PET, luego refinando el material en escamas que pueden convertirse en nuevos productos. Usar RPET como alternativa al PVC es un gran paso adelante en el camino hacia un futuro más verde, seguro y limpio (Heritage Paper, 2017).



Ilustración 14. Productos del RPET

Fuente: (Avatar Energia, 2019)

3.7 PROCESO DE RECICLAJE PET

El PET es el plástico más reciclado en el mundo debido a su gran uso en la vida diaria. El proceso de reciclaje de este material tiene como etapa principal la clasificación de las distintas botellas de plástico, ya que las botellas de color no pueden ser procesadas de la misma forma que las botellas transparentes.

Después del proceso de clasificación, el material PET se tritura en partículas conocidas como "escamas". La pureza de las escamas es fundamental para preservar el valor del plástico recuperado. Otras técnicas de separación implican el lavado y la clasificación del aire, así como baños de agua, donde el material se hunde o flota, lo que ayuda a separar los materiales extraños residuales. El lavado puede realizarse a niveles de calor estándar o elevados. El uso de desinfectantes y detergentes ayuda a lograr una limpieza completa (Leblanc, 2019).

Después de ser molido, lavado y separado, el material se enjuaga para eliminar los contaminantes o agentes de limpieza restantes. El PET reciclado se seca luego antes de la reintroducción como material de fabricación o antes de su posterior procesamiento. El filtrado por fusión puede purificar aún más el material mediante la eliminación de cualquier contaminante que no se derrita y que haya sobrevivido a los pasos anteriores (Leblanc, 2019).

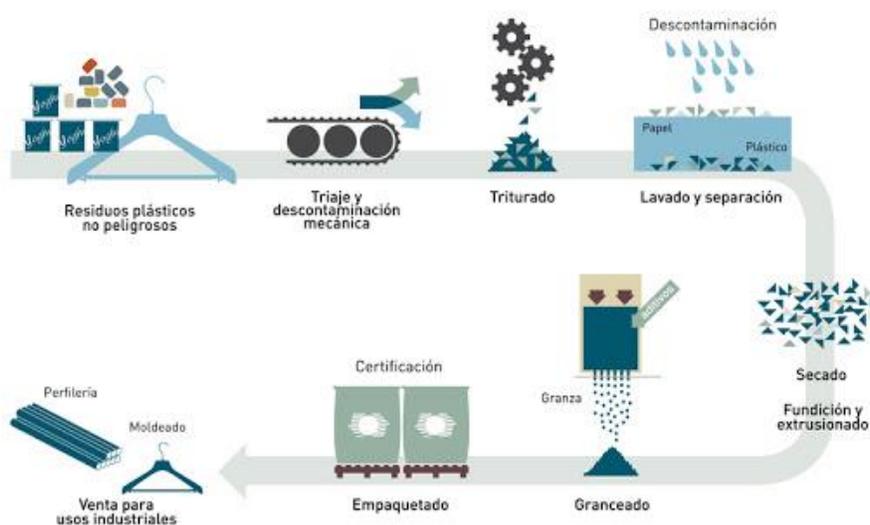


Ilustración 15. Proceso de reciclaje de PET

Fuente: (Leblanc, 2019)

El material extruido pasa a través de una serie de pantallas para formar gránulos mientras que las partículas no fundidas están bloqueadas. El plástico paletizado proporciona un material de tamaño uniforme que puede reintroducirse en el proceso de fabricación (Leblanc, 2019).



Ilustración 16. PET reciclado (RPET)

Fuente: (Ecoembes, 2006)

3.8 BENEFICIOS DEL RECICLAJE DE BOTELLAS PET

Entre los beneficios del reciclaje de botellas PET para la producción de RPET están:

- Reduce los desechos

El espacio de los vertederos es limitado, y las condiciones en los vertederos hacen que sea casi imposible que se biodegrade cualquier cosa, incluido el plástico. Reciclar botellas de agua de plástico ayuda a conservar el espacio que se puede usar para otros desechos (Lake, 2018).

- Conservación de recursos naturales

Reciclar botellas de agua de plástico ayuda a conservar los recursos naturales, específicamente el petróleo, que es un recurso natural no renovable disponible solo en un suministro limitado (Lake, 2018).

- Conservación de energía

La creación de nuevos materiales a partir de materiales existentes consume significativamente menos energía que el uso de materias primas. Según la Agencia de Protección Ambiental, reciclar

una libra de tereftalato de polietileno (PET), el plástico más utilizado en botellas de agua conserva aproximadamente 12,000 BTU (unidades térmicas británicas) de energía térmica (Lake, 2018).

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

El proceso de fabricación de plástico da como resultado la creación de gases de efecto invernadero, incluido el dióxido de carbono, que se cree que contribuye significativamente al efecto del calentamiento global. Dado que el proceso para reciclar botellas de agua de plástico requiere menos energía y combustibles fósiles, también produce menos emisiones de gases de efecto invernadero (Lake, 2018).

IV. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

4.1 DESARROLLO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO DEL PROYECTO DE LAVADO DE FINOS RPET

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

El proyecto de lavado de finos está destinado para el aprovechamiento de los desechos de la Recicladora Diamante en sus procesos de reciclaje de botellas PET, ya que diariamente 2500 libras de RPET son desperdiciadas y desechadas por diferentes motivos. Al ser lavado de nuevo este material se vuelve comerciable, este material pasaría de ser desechado a lo largo de 3 años a ser vendido generando un nuevo ingreso a la empresa.

4.1.2 DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DESARROLLADO

4.1.2.1 *Desarrollo e instalación de panel de control eléctrico de línea de lavado de finos RPET*

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario un estudio de las líneas de lavado implementadas en la Recicladora Diamante, para de esta forma desarrollar un conocimiento sobre el funcionamiento de estas líneas, así como de los equipos y componentes necesarios para el correcto funcionamiento de estas líneas.

De este estudio se decidieron, en conjunto con DEC, todos los diversos equipos y componentes que se requieren para la instalación de la línea de lavado de finos. Entre los equipos necesarios están:

- 2 variadores de velocidad trifásicos de 3HP
- 1 Transformador monofásico 480/220V
- 5 Disyuntores térmico
- 3 Rieles DIN
- 20 Borneras Modulares para rieles DIN

- 6 Canaletas para cables

Ya que DEC, dispone de todos los equipos y componentes necesarios no fue necesaria la compra de ningún elemento. El panel que se utilizara en el sistema de control servía de uso en una línea discontinuada, así que fue necesario el desmontaje de los elementos en el para así usarlo en el proyecto.

Primeramente, fue necesaria la instalación de los rieles DIN que son utilizados para el montaje de los diversos componentes y equipos, así como de la instalación de todas las canaletas de distribución de cables en el panel para de esta forma asegurar la organización de cables.

Luego se instalaron ambos variadores de velocidad, un variador Toshiba VF-s11 y un FVR-Micro, que cumplirán la función de controlar dos motores trifásico de 3HP de potencia. Un motor cumpliendo la función de batidora en la primera pila de lavado y el otro motor utilizado para el transporte del material de una pila a otra por medio de un extrusor helicoidal. Para la correcta instalación de los variadores de velocidad fue necesaria la búsqueda y estudio de los manuales de operación de cada variador para de esta forma asegurar el correcto funcionamiento del sistema en todo momento.

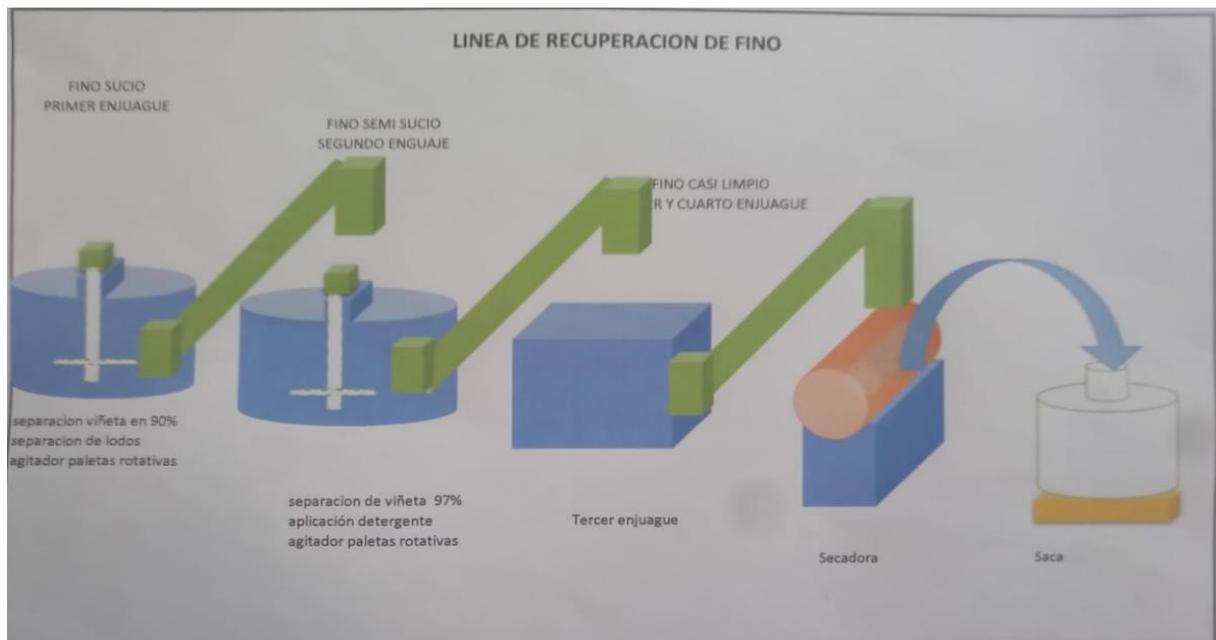


Ilustración 17. Diagrama de funcionamiento de línea de lavado

Fuente: Elaborado por autor



Ilustración 18. Variadores de velocidad

Fuente: Elaborado por autor



Ilustración 19. Placa de variador VF-s11

Fuente: (Baking, 2017)

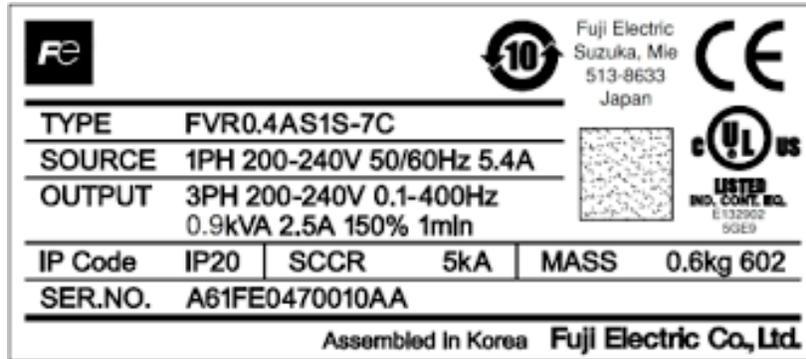


Ilustración 20. Placa de variador FVR-micro

Fuente: (Fuji Electric, 2020)

Seguidamente, se instaló y cableo el Transformador monofásico 480/220V que se encarga de transformar el voltaje 480V de entrada a voltajes secundarios de 220/110V para la alimentación de un panel secundario.

Finalmente, se montaron las protecciones necesarias para cada uno de los equipos a utilizar en el panel de control, dichas protecciones se mencionas en la sección 4.1.2.1 del texto. Se instalo una protección para el transformador monofásico, una protección para la secadora de material, y una protección para cada variador de velocidad. Y también se instaló el disyuntor térmico principal el cual es alimentado por 480V trifásicos.

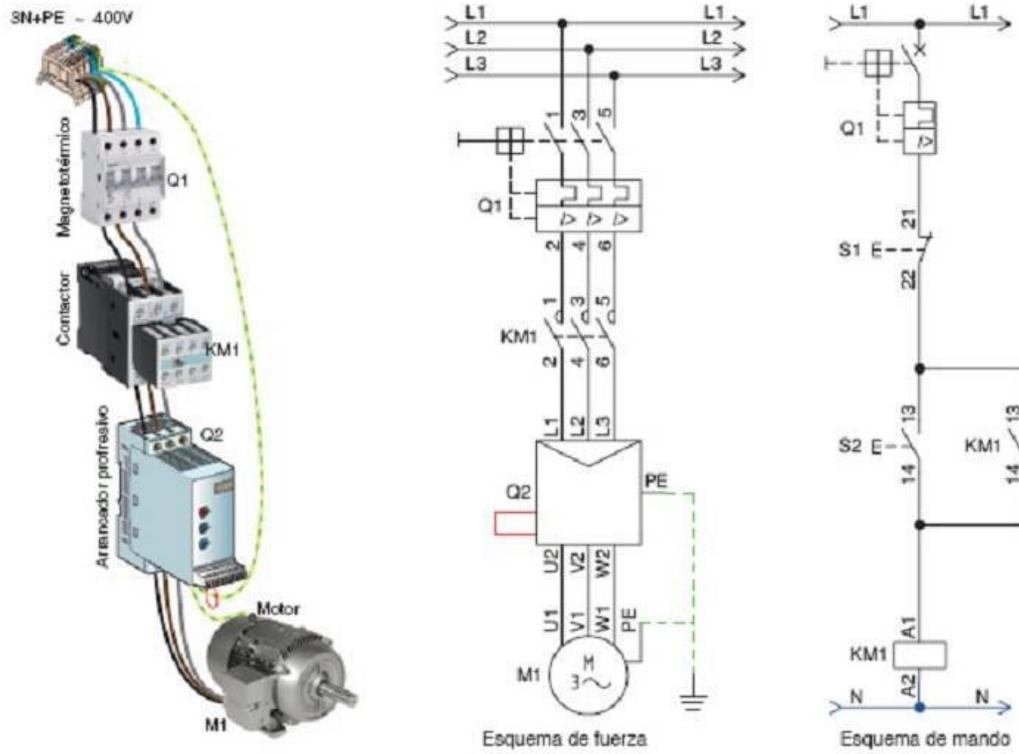


Ilustración 21. Diagrama eléctrico de conexión de motor trifásico con variador

Fuente: (Industria 4.0, 2017)

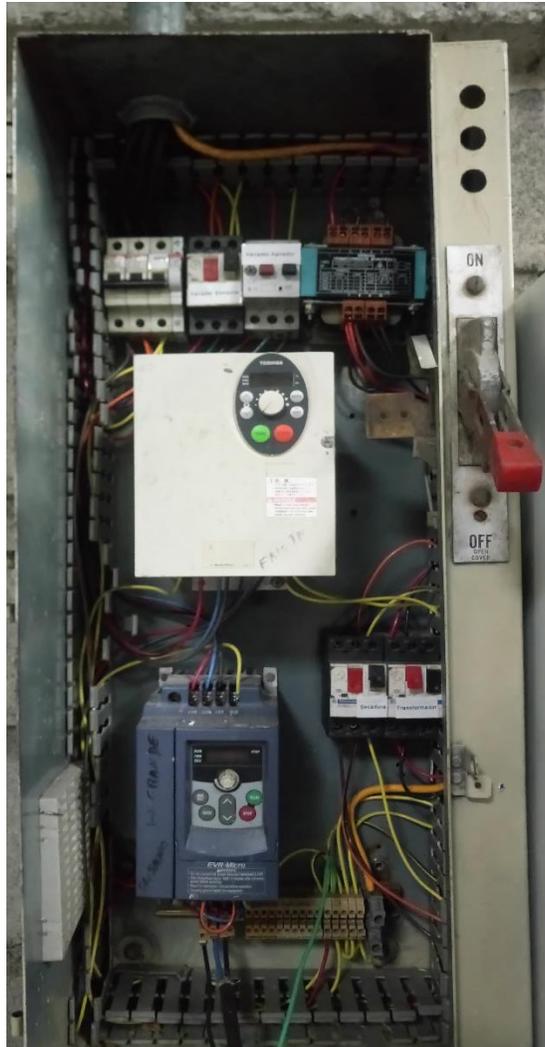


Ilustración 22. Panel de control

Fuente: Elaborado por autor

4.1.2.2 Asistencia en instalación de líneas de voltaje 480V para panel de control eléctrico de línea de lavado de finos

Debido a que los motores a utilizarse en la línea de lavado de finos operan en 480V fue necesaria la instalación de las líneas de voltaje 480V que alimentaran el panel. Como primer paso fue necesaria la toma de medidas de distancias entre los paneles del sistema de lavado y el panel principal, para así determinar las longitudes de cable necesarias para la instalación, así como los conductos necesarios para la instalación.

Para la instalación fueron necesarios 45 metros de cables calibre 4 AWG, THHN color negro, 15 metros de cable calibre 4, THHN color verde, 20 metros de conducto para instalaciones eléctricas y 1 una caja 4x4 cuadrada reforzada.



Ilustración 23. Panel principal

Fuente: Elaborado por autor



Ilustración 24. Instalación de líneas 480V

Fuente: Elaborado por autor

4.1.2.3 Cableado de motor de secadora de línea de lavado de finos e instalación de monitoreo de velocidad

Un componente fundamental de la línea de lavado de finos es la secadora, ya que el material debe venderse en su estado seco. Debido a esto fue necesaria la instalación y cableado del motor de la secadora, de su freno y de un sistema de monitoreo de velocidad.

La velocidad de rotación de la secadora se controla por medio del panel de control y supervisión, panel que no se cubre en este informe. Las conexiones entre dicho panel y la secadora se realizaron utilizando cable 12 AWG y un conducto BX para la protección de los cables.

El monitoreo de velocidad de la secadora se efectúa mediante la utilización de un sensor capacitivo y un medidor de velocidad EATON. El diagrama de conexión del sensor y el medidor se muestra en la Ilustración 23.



Ilustración 25. Sensor capacitivo

Fuente: Elaborado por autor



Ilustración 26. Medidor de velocidad EATON

Fuente: Elaborado por autor

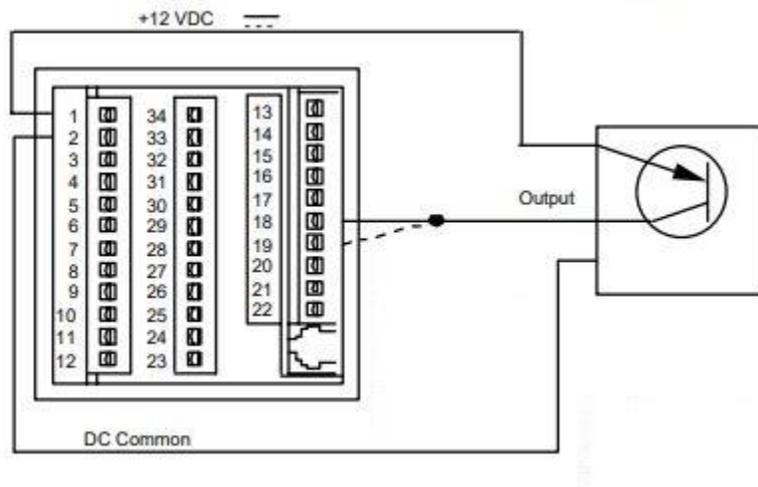


Ilustración 27. Diagrama de conexión

Fuente: (Eaton, 2020)



Ilustración 28. Secadora de finos RPET

Fuente: Elaborado por autor

4.1.2.4 Pruebas en transformadores

Con el objetivo de verificar la funcionalidad de los distintos transformadores monofásicos y trifásicos que no están en uso en la Planta DEC, se efectuaron pruebas de operación en distintos transformadores.

Para la correcta realización de las pruebas fue necesario la identificación de cada uno de los transformadores y de la correcta determinación de los niveles de voltaje admitidos en el devanado primario del transformador, ya que al utilizar voltajes no debidos esto puede causar desperfectos en los transformadores y pueden quedar inutilizables.

Mediante la utilización de un medidor de voltaje se realizaron las mediciones de voltaje en el devanado del secundario de los diferentes transformadores. Así logrando identificar los voltajes de transformación de cada transformador y de esta forma poder escoger cuales de estos transformadores serian útiles para los proyectos de las líneas de lavado.

De la misma forma se verifico el estado de los conectores de los transformadores en sus devanados primarios y secundarios, así como la verificación de los datos de placa de todos y cada uno de los transformadores.



Ilustración 29. Pruebas en transformadores

Fuente: Elaborado por autor



Ilustración 30. Pruebas en transformadores 2

Fuente: Elaborado por autor

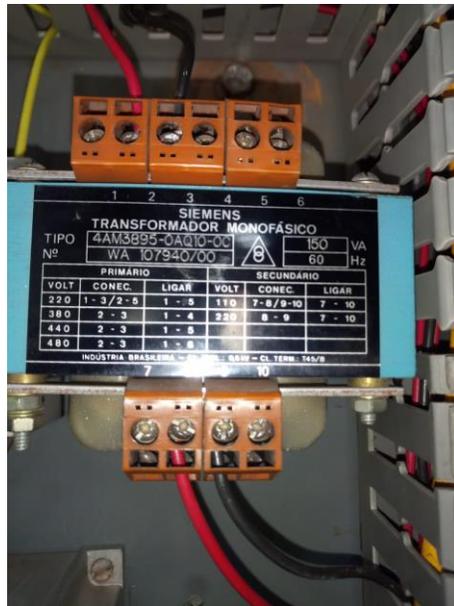


Ilustración 31. Pruebas en transformadores 3

Fuente: Elaborado por autor

4.2 DESARROLLO DE PROYECTO DE LÍNEA DE LAVADO PET

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

El proyecto de la nueva línea de lavado PET tiene como fin la implementación de una tercera línea de lavado en las instalaciones de la empresa Reciclaje Diamante, ya que esta línea estaría destinada a ser utilizada para reciclar el PET de color verde que no puede ser procesado en las otras dos líneas debido a su pigmentación.

4.2.2 DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DESARROLLADO

4.2.2.1 Desarrollo de panel de control de potencia de línea de lavado de PET

Como primer punto para el desarrollo del panel de la nueva línea de lavado de PET, se tuvo que hacer un estudio de la funcionalidad de las dos otras líneas de lavado que operan en la Recicladora Diamante, la línea Alfa y la línea Pagani ambas utilizadas para el lavado de PET. Al hacer este estudio se recopiló, en conjunto con los ingenieros de la Recicladora Diamante, la información de todos los equipos y componentes utilizados en estas líneas para así poder replicarla. Se obtuvo la información de la potencia de los motores a utilizar, la cantidad de motores a utilizar y la información sobre las lavadoras y secadoras que operan en estas líneas.

De este estudio se concluyó que se necesitaran dos arrancadores estrella delta para la activación de los motores de 150 HP, debido a que estos motores no pueden ser arrancados directamente ya que esto provoca un incremento en la corriente de los motores lo que puede causar una sobrecarga del sistema. El arrancador estrella-delta es utilizado para arrancar un motor trifásico en dos tiempos. Para poder comenzar a girar el rotor, se necesita una corriente mucho mayor a la corriente nominal del motor. Mientras para poder elevar su velocidad de rotación el motor necesita una alta tensión. Es por esto por lo que el motor se conecta inicialmente en estrella ya que la corriente que circula al motor es mayor en este tipo de conexión y luego se conecta en delta para que el motor siga operando normalmente.

En la siguiente Ilustración se muestra el diagrama de un arrancador estrella-delta. Diagrama que se seguirá para la conexión de los contactores a utilizar para este arrancador.

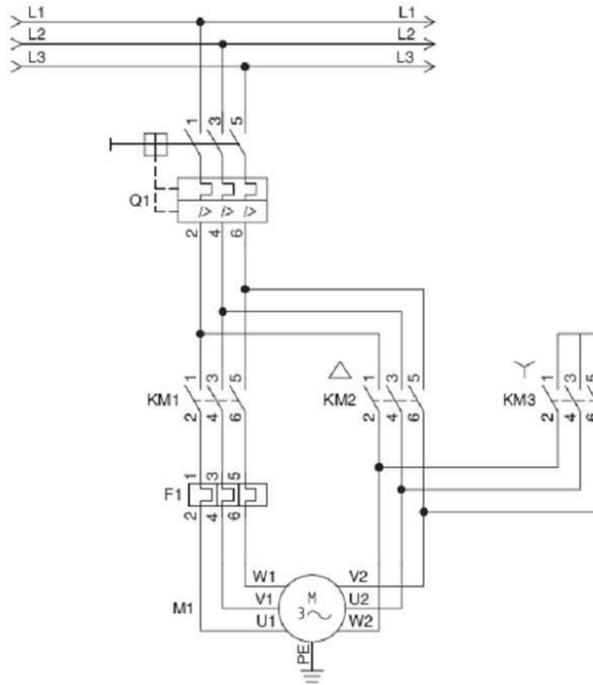


Ilustración 32. Diagrama eléctrico de arrancador estrella delta

Fuente: (Área tecnología, 2017)

El panel de la línea de lavado de verde consta de dos armarios, uno de ellos tendrá todos los variadores de velocidad a utilizar en el sistema y el otro armario se encargará del control de todo el sistema. Este armario se divide en dos partes, la parte de potencia y la parte de control. En este informe solo se hablará de la parte de potencia del armario

Como primer paso en el desarrollo del proyecto fue necesario el desmontaje de los equipos y componentes que se encontraban en el armario. Ya que este armario cumplía una función anteriormente, pero se decidió utilizarlo para la nueva línea de lavado.



Ilustración 33. Panel por utilizar para línea de lavado

Fuente: Elaborado por autor

Luego de el desmontaje de los componentes y equipos fue necesario la definición de los componentes a utilizar en la sección de potencia del armario. En esta sección se encontrará el control de dos motores de 150 HP, el breaker principal del sistema, así como dos breakers secundarios, uno para el control de los sistemas estrella-delta y el segundo para la otra sección del armario.

Los componentes por utilizar en este armario son:

- Breaker Siemens 500A
- 2 Breakers Siemens 250A
- 6 contactores trifásicos 300A

Con la ayuda de DEC se definieron las capacidades de los breakers, de esta forma utilizando un breaker principal de 500A y dos breakers secundarios de 250A. Para los arrancadores estrella-

delta se utilizarán contactores trifásicos rondando entre los 225-300A con capacidad máxima de 600V de diferentes fabricantes dependiendo de la disponibilidad de estos en las instalaciones de DEC.



Ilustración 34. Panel de control de potencia

Fuente: Elaborado por autor

4.2.2.2 Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de potencia

Para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos en el sistema, fue necesario brindar mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos a utilizar como lo son los breakers y contactores mencionados anteriormente.

En el caso de los breakers fue necesario desensamblar las diferentes partes para así lograr descubrir los contactos, que en algunos casos estaban afectados por oxido ya que estos estaban

expuestos a condiciones adversas. Para la limpieza se utilizó aceite WD-40 y lijas metálicas finas para así remover la mayor cantidad de oxido posible de los contactos. El mismo proceso se siguió para la limpieza de los contactores de los sistemas estrella-delta, ya que estos presentaban los mismos problemas que los breakers. Para algunos de los contactores fue posible el cambio de sus contactos con unos nuevos, pero para los demás será necesario la compra del kit de contactos.



Ilustración 35. Breakers trifásicos

Fuente: Elaborado por autor

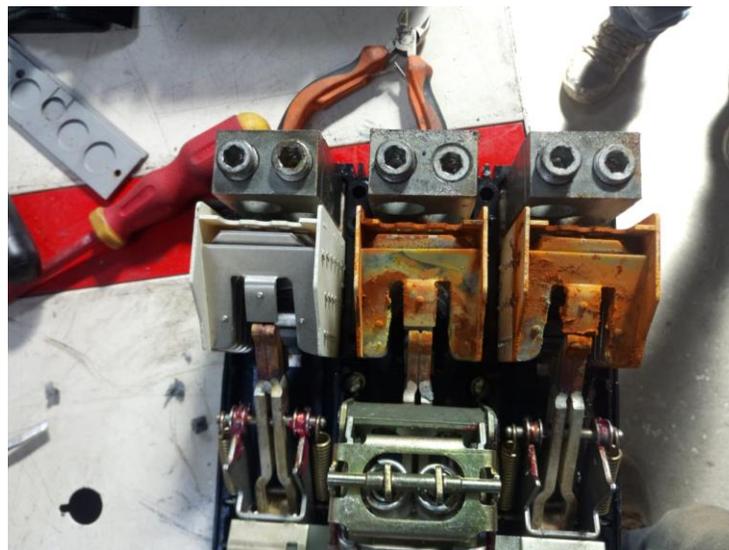


Ilustración 36. Contactos de breaker trifásico

Fuente: Elaborado por autor



Ilustración 37. Contactos de contactores trifásicos

Fuente: Elaborado por autor

4.2.2.3 Programación Ladder de sistema estrella-delta

El arrancador estrella-delta es utilizado para arrancar un motor trifásico en dos tiempos. Para poder comenzar a girar el rotor, se necesita una corriente mucho mayor a la corriente nominal del motor. Mientras para poder elevar su velocidad de rotación el motor necesita una alta tensión. Es por esto por lo que el motor se conecta inicialmente en estrella ya que la corriente que circula al motor es mayor en este tipo de conexión y luego se conecta en delta para que el motor siga operando normalmente.

La mayoría de las conexiones estrella-delta se efectúan de forma mecánica con uso de contactos auxiliares de los mismos contactores y timers, pero en este caso DEC opto por la opción de controlar los arrancadores de forma automática con uso de un PLC y así poder optimizar el proceso de arrancado.

Debido a esto fue necesaria la programación Ladder de los sistemas estrella-delta para su control. La programación fue realizada con el objetivo de que un sistema arranque primero y seguidamente arranque el segundo.

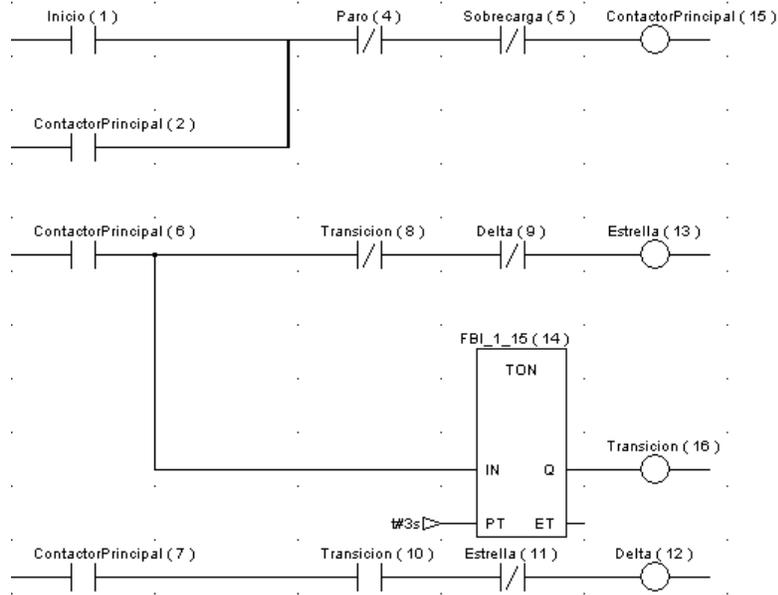


Ilustración 38. Programación de sistemas estrella-delta (parte 1)

Fuente: Elaborado por autor

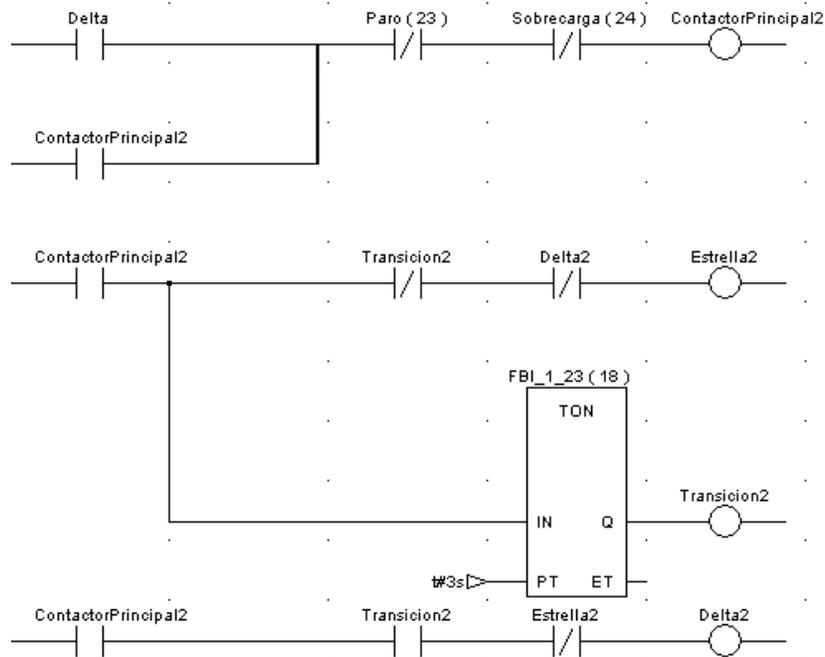


Ilustración 39. Programación de sistemas estrella-delta (parte 2)

Fuente: Elaborado por autor

4.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1. Cronograma de Actividades

Actividades	Comienzo	Fin	Duración (días)
PROYECTO DE LAVADO DE FINOS RPET			
Reconocimiento de planta DEC	20- Enero	22- Enero	3
Recolección de equipos y componentes a utilizar	23- Enero	24- Enero	2
Diseño del panel de control	27- Enero	28- Enero	2
Asistencia en instalación de secadora	29- Enero	31- Enero	2
Asistencia en instalación de agitador	3- Feb	4- Feb	2
Instalación y cableado del panel de control	5- Feb	7- Feb	3
Asistencia en instalación de líneas 480V	10-Feb	11-Feb	2
Instalación de monitoreo de velocidad en secadora	12-Feb	13-Feb	2
Pruebas en transformadores	14-Feb	14-Feb	1
PROYECTO DE LÍNEA DE LAVADO PET			
Estudio del sistema de control de las líneas de lavado	17- Feb	19- Feb	3
Desmontaje de panel a utilizar	20- Feb	24- Feb	3
Recolección de equipos y componentes a utilizar	25- Feb	26- Feb	2
Elaboración de inventario de componentes disponibles	27- Feb	28- Feb	2
Elaboración de lista de componentes faltantes	2- Marzo	3- Marzo	2
Mantenimiento de componentes	4- Marzo	5- Marzo	2
Montaje de equipos en el panel	6- Marzo	10- Marzo	3
Programación de sistemas estrella-delta	11- Marzo	12- Marzo	2

Fuente: Elaborado por autor

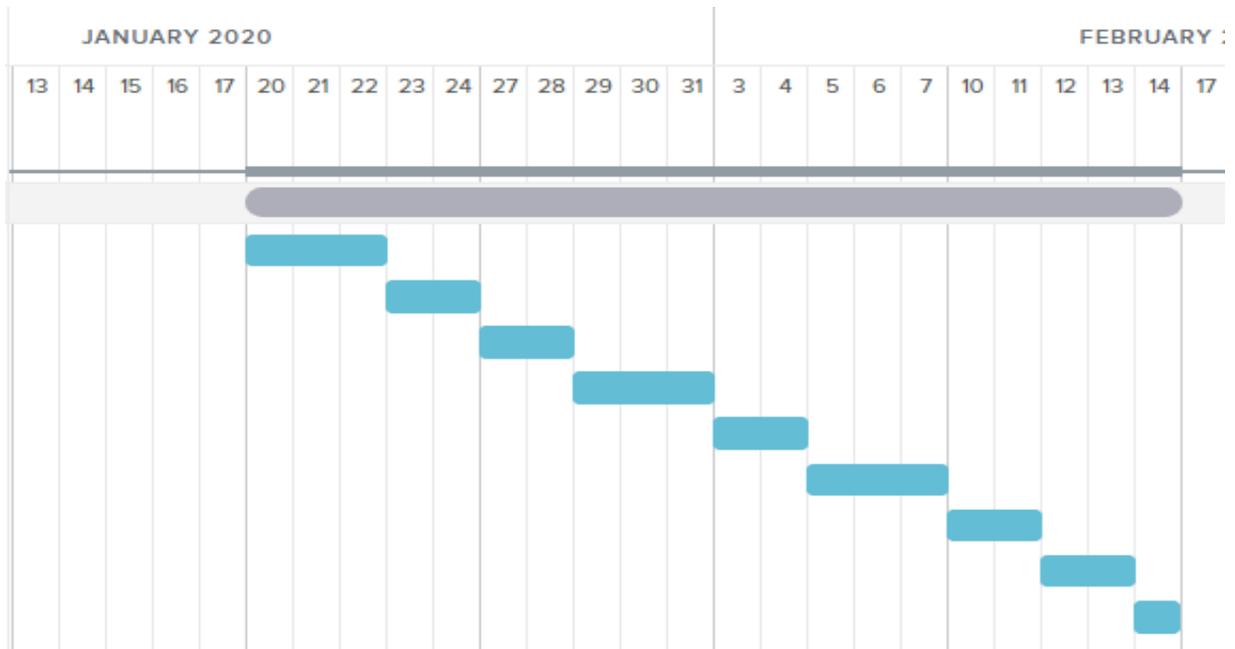


Ilustración 40. Actividades de proyecto de lavado de finos RPET

Fuente: Elaborado por autor

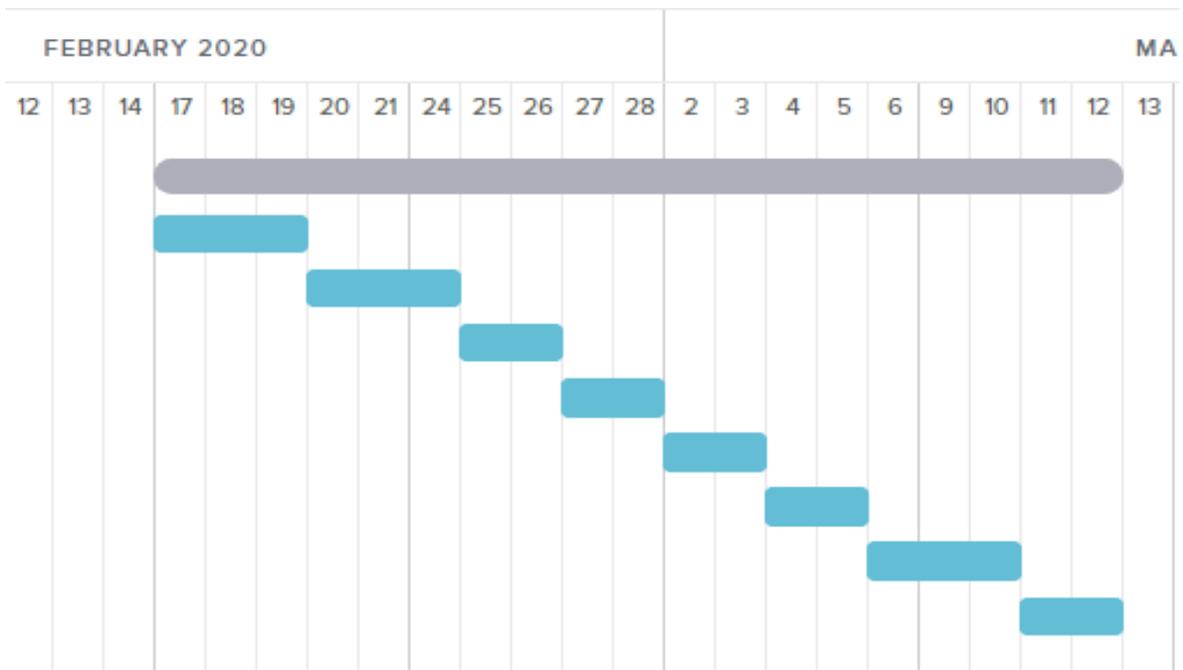


Ilustración 41. Actividades de proyecto de nueva línea de lavado PET

Fuente: Elaborado por autor

V. CONCLUSIONES

- Se colaboro con el desarrollo de dos proyectos de nuevas líneas de producción enfocados al reciclaje de PET, una línea de recuperación de finos RPET y la otra una nueva línea de lavado de botellas PET.
- Se logro desarrollar e implementar el proyecto de una línea de lavado de finos RPET, mediante el desarrollo e instalación de un panel de control del sistema, así como el cableado correspondiente para el correcto funcionamiento del sistema, con el propósito de recuperar los finos desechados en el proceso de reciclaje PET.
- Se logro desarrollar el sistema de control de potencia del proyecto de una nueva línea de lavado PET, mediante el diseño e instalación de los diversos componentes encargados de controlar los equipos de alta potencia del sistema.
- Se realizo la programación de PLC correspondiente para el funcionamiento automático de los dos arrancadores estrella-delta que controlan los dos motores de alta potencia de la nueva línea de lavado.
- Se realizo el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos a utilizar en los dos proyectos propuestos por DEC, con el propósito de informarle a DEC que equipos se deben comprar debido a su mal estado.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de un código de colores establecido para el cableado de los componentes para facilitar la detección de errores.
- Utilizar regleta de cables para la organización de estos.
- Se recomienda el marcado de cables en los armarios eléctricos para su fácil identificación.
- Los conductores, además de estar identificados por etiquetas, deben tener una buena terminación que evite las desconexiones o falsos contactos.
- Durante la operación de los paneles eléctricos seguir las medidas de seguridad sugeridas por DEC en su manual de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ananth. (3 de Febrero de 2017). *Los 8 pilares del tpm*. Obtenido de <http://www.hashllp.com/the-eight-pillars-of-tpm/>
2. Avatar Energia. (2019). *Avatar Energia*. Obtenido de <https://avatarenergia.com/telas-a-partir-de-botellas-de-pet/>
3. Cabrera, L. (12 de Noviembre de 2014). *Ingenieria de confiabilidad*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/ingenieria-de-confiabilidad-1/>
4. Christiansen. (25 de Abril de 2019). *Mantenimiento correctivo*. Obtenido de <https://limblecmms.com/blog/corrective-maintenance/>
5. Dreamtime. (2019). Obtenido de <https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-dirija-los-circuitos-el%C3%A9ctricos-industriales-de-las-pruebas-con-un-mult%C3%ADmetro-en-la-caja-terminal-de-control-image93540179>
6. Ecoembes. (2006). *flickr*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/ecoembes/4311050895>
7. Engineering Works. (2019). *Engineering Works*. Obtenido de <http://www.newjkengineeringworks.com/automatic-wire-drawing-machine.htm>
8. Fiix. (2018). *Mantenimiento predictivo*. Obtenido de <https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/predictive-maintenance/>
9. Fiix. (2018). *Mantenimiento preventivo*. Obtenido de <https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/preventative-maintenance/>
10. Gigawatt. (2019). *Instalaciones electricas*. Obtenido de <https://www.gigawatt.com.mx/servicios/instalaciones-electricas/>

11. HELUKABEL. (2019). *HELUKABEL*. Obtenido de <https://www.helukabel.com/vn/about-helukabel/kundenmagazin/issue-09-2018/stranding/stranding.html>
12. Heritage Paper. (2017). *RPET*. Obtenido de <https://www.heritagepaper.net/understanding-pvc-and-rpet/>
13. Joshi, H. (2008). *Residential, Commercial and Industrial Electrical Systems*. Nueva Delhi: McGraw-Hill.
14. Lake, R. (2018). *Sciencing*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/ecoembes/4311050895>
15. Lean manufacturing. (2019). *MAntenimiento productivo total*. Obtenido de <https://leanmanufacturing10.com/tpm-mantenimiento-productivo-total>
16. Leblanc, R. (2019). *Reciclando PET*. Obtenido de <https://www.thebalancesmb.com/recycling-polyethylene-terephthalate-pet-2877869>
17. MobilityWork. (2019). *Tipos de mantenimiento*. Obtenido de <https://www.mobility-work.com/blog/5-types-maintenance-you-should-know>
18. Niceic. (2020). *Instalaciones electricas*. Obtenido de <https://www.niceic.com/find-a-contractor/electrics-explained/what-makes-a-good-electrical-installation>
19. Quality Millwright. (19 de Junio de 2019). *5 tipos de programas de mantenimiento industrial*. Obtenido de <https://www.qmillwright.com/5-types-of-industrial-maintenance-programs/>
20. QUEINS. (2019). *QUEINS*. Obtenido de <http://www.queins.com/en/solutions/stranding/>
21. Rachidi. (2019). *The industrial maintenance*.
22. RAE. (2019). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=ZZrg2qV>
23. Rodriguez, S. (2017). *Mantenimiento* .
24. Romero, A. (2019). *El TPM*. Obtenido de <http://www.angelantonioromero.com/el-tpm-o-mantenimiento-productivo-total/>

25. Salazar, B. (1 de Noviembre de 2019). *Mantenimiento productivo total*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
26. Sexto, L. (2017). *Radical Management*. Obtenido de https://se-gestiona.radical-management.com/2017/07/tipos-de-mantenimiento-cuantos-y-cuales_6.html
27. Sunswell. (2019). *Sunswell*. Obtenido de <https://www.beverage-filling-machine.com/sale-347860-fully-automatic-stretch-hot-filling-bottle-blow-molding-moulding-machine-for-pet-bottle.html>
28. Thompson, P. (25 de Julio de 2019). *4 beneficios del TPM*. Obtenido de <https://www.sageautomation.com/blog/4-benefits-of-total-productive-maintenance-in-production>
29. ThoughtCo. (09 de Abril de 2018). *Que son los plasticos PET*. Obtenido de <https://www.thoughtco.com/what-are-pet-plastics-820361>
30. Top Cable. (2017). *Top cable*. Obtenido de <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/recubrimientos-cables-electricos/#AISLAMIENTO>
31. Wire cable. (2019). *jxwirecable*. Obtenido de <http://jxwirecable.com/news/how-cables-are-manufactured.html>