



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
COLEGIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE
FABRICACIÓN DE VENTILADORES MODELO
CRH DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA
DE EQUIPOS DE VENTILACIÓN:**

**“REDISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS DE MONTAJE Y SUJECIÓN EN LA
ESTACIÓN DE TRABAJO DE ENSAMBLE DE TURBINAS”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

MARIO ALBERTO MARTÍNEZ DE ITA

DIRECTOR DE TESIS:

MTRA. GLORIA MORALES CARRASCO

PUEBLA, PUEBLA

ABRIL 2015

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-------------|
| DEDICATORIA..... | V |
| AGRADECIMIENTOS..... | VI |
| ACEPTACIÓN DE TEMA DE TESIS..... | VII |
| MEMORÁNDUM: REVISIÓN DE PROYECTO DE TESIS..... | VIII |
| AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN..... | IX |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

| | |
|--|----|
| 1.1.- Antecedentes | 1 |
| 1.2.- Justificación | 3 |
| 1.3.- Preguntas de investigación..... | 4 |
| 1.4.- Objetivo general..... | 5 |
| 1.5.- Objetivos particulares | 5 |
| 1.6.- Hipótesis | 6 |
| 1.7.- Alcances | 6 |
| 1.8.- Limitaciones | 7 |
| 1.9.- Definición de conceptos | 8 |
| 1.10.- Método de recopilación y procedimientos de la información | 12 |

CAPÍTULO II

Ingeniería de métodos

| | |
|---|----|
| 2.1 .- Definición de ingeniería de métodos | 16 |
| 2.1.1.- Alcances de la ingeniería de métodos..... | 17 |
| 2.2.- Diseño de la estación de trabajo..... | 19 |
| 2.3.- La estación de ensamble de turbinas CRH | 20 |
| 2.4.- Arreglo del área de trabajo | 21 |

| | |
|---|----|
| 2.5.- Estructura de la estación de ensamble de turbinas CRH..... | 22 |
| 2.6.- Diseño de herramientas y equipo | 24 |
| 2.7.- Dispositivos: funciones y características..... | 25 |
| 2.8.- Tipos de dispositivos | 25 |
| 2.8.1.- Dispositivos de soporte, colocación y montaje | 26 |
| 2.9.- Diseño de dispositivo | 26 |
| 2.9.1.- Materiales para la fabricación de un dispositivo | 28 |
| 2.9.2.- Contemplación de tolerancias y juegos en el diseño de dispositivos | 28 |
| 2.9.3.- Unión de las partes de un dispositivo de montaje y sujeción de tipo intercambiable | 29 |
| 2.9.4.- Consideraciones funcionales de un dispositivo | 29 |
| 2.10.- Dispositivos de montaje y sujeción de la estación de ensamble de turbinas CRH | 30 |
| 2.11.- Análisis de la estación de trabajo CRH..... | 32 |
| 2.11.1 Material de apoyo visual | 35 |
| 2.12.- conclusiones del capítulo..... | 36 |

CAPÍTULO III

Manufactura esbelta en dispositivos de montaje y sujeción

| | |
|--|----|
| 3.1.- Herramientas de Manufactura esbelta | 37 |
| 3.2.- Filosofía 5´s | 38 |
| 3.2.1.- Beneficios de las 5´s | 40 |
| 3.2.2.-Alcance y aplicación de la filosofía 5´s en la propuesta de rediseño | 41 |
| 3.3.-SMED | 41 |
| 3.3.1.-Beneficios de SMED | 46 |
| 3.3.2.-Alcance y aplicación de la filosofía SMED en la propuesta de rediseño | 43 |
| 3.4.-Sistemas Poka Yoke | 44 |
| 3.4.1.-Beneficios del Poka Yoke..... | 44 |
| 3.4.2.-Alcance y aplicación de la filosofía Poka Yoke en la propuesta de rediseño | 45 |

| | |
|--|----|
| 3.5.- Ergonomía | 46 |
| 3.5.1.-Beneficios que aporta la Ergonomía | 46 |
| 3.5.2.-Alcance y aplicación de principios de Ergonomía | 47 |
| 3.6.- Propuesta de Rediseño | 49 |
| 3.6.1.-Generación de bocetos de diseño | 49 |
| 3.6.2.-Pruebas de ensamble de rediseño de dispositivos | 53 |
| 3.6.3.-Planos técnicos del rediseño de dispositivos | 56 |
| 3.6.4.- Uso de herramientas prediseñadas | 57 |
| 3.6.5.-Sujeción del dispositivo estrella | 57 |
| 3.6.6.-Sujeción de base de turbina | 58 |
| 3.6.7.-Base para el dispositivo estrella | 59 |
| 3.7.- Conclusión del capítulo | 60 |

CAPÍTULO IV

Estudio de tiempos y movimientos como método de comprobación

| | |
|--|----|
| 4.1.-Antecedentes del estudio de tiempos y movimientos | 61 |
| 4.2.- Estudio de tiempos predeterminados | 62 |
| 4.2.1.- Principales sistemas de tiempos predeterminados | 63 |
| 4.3.- Concepto MOST | 64 |
| 4.3.1.- Ventajas de los sistemas MOST | 64 |
| 4.3.2.- Tipos de sistemas MOST | 65 |
| 4.3.3.- La técnica de medición del trabajo MOST básico | 65 |
| 4.3.3.1.- Modelo de secuencia del movimiento general | 66 |
| 4.3.3.2.- Modelo de secuencia del movimiento controlado | 68 |
| 4.3.3.3.- Modelo de secuencia del uso de herramientas | 69 |
| 4.3.4.- Unidades de medida MOST | 72 |
| 4.4.- Método de comprobación de la propuesta de rediseño | 72 |
| 4.4.1.- Formato de registro del sistema de tiempos predeterminados MOST | 73 |
| 4.4.2.- Proceso de ensamble de turbinas: Estudio de tiempos y análisis comparativo | 76 |

| | |
|---|----|
| 4.4.3.- Proceso de cambio de herramental del dispositivo: Estudio de tiempos y análisis comparativo | 79 |
| 4.5.- Conclusiones del capítulo..... | 82 |
| BIBLIOGRAFÍA | 83 |
| ANEXOS | 86 |

DEDICATORIA

A Verónica De Ita “mi madre”.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor de madre y cariño incondicional. Te amo

A Mario Martínez “mi padre”.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y demostrar que todo es posible. Por enseñarme a nunca decir “no puedo” sin antes saber de lo que soy capaz. Mi motivación para poder ser ingeniero siempre fuiste tú.

A mis hermanos, Karen y Erick.

Los hermanos no necesitan necesariamente decirse algo el uno al otro; pueden sentarse en una habitación, estar juntos y estar completamente cómodos el uno con el otro ya que siempre estarán para ti cuando lo necesites. Ustedes me motivan a ser mejor cada día, a crecer como persona y ser un ejemplo de superación ya que si te lo propones todo es posible. Gracias por estar en mi vida.

A ti “Cecy”.

Por conocerme mejor que nadie, entenderme y estar conmigo en los mejores y peores momentos de mi vida. Por llorar y reír a mi lado y ser capaz de contenerme cuando todo iba mal. Simplemente por crecer a mi lado y ayudarme a culminar mis metas. Todo lo que sé lo aprendí a tu lado...

A ustedes que son mi motor para seguir adelante...

Con cariño

Mario Alberto Martínez De Ita

AGRADECIMIENTOS

Primero y como más importante, me gustaría agradecer a mi asesora de tesis, Mtra. Gloria Morales Carrasco, por su esfuerzo y dedicación.

Sus conocimientos, su orientación, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para culminar mi formación como ingeniero.

Ella ha inculcado en mí un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podría tener una formación completa como profesionista.

A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con ella y su esposo, por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado este proyecto de investigación.

De la misma manera quiero agradecer a mis sinodales y lectores de tesis, Mtra. Beatriz Gamboa y Mtro. Sergio Ponce, por dedicar parte de su valioso tiempo en la revisión de mi proyecto de tesis sin recibir nada a cambio. Mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional.

A mi facultad, simplemente por formarme en sus aulas... Gracias!

Sinceramente,

Mario Alberto Martínez De Ita



BUAP

Oficio No. S.AC. 518/15
ACEPTACIÓN TEMA TESIS

**C. MARIO ALBERTO MARTÍNEZ DE ITA
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL
DE LA B.U.A.P.
PRESENTE.**

En atención a la autorización del Tema de Tesis que puso Usted a consideración de esta Facultad, se turnó la misma al :

**M.I. SERGIO PONCE DE LEÓN DE LA HUERTA
COORDINADOR DEL COLEGIO DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

Habiendo autorizado el tema denominado:

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE VENTILADORES MODELO CRH
DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE EQUIPOS DE VENTILACIÓN:**

**“REDISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS DE MONTAJE Y SUJECIÓN EN LA ESTACIÓN DE TRABAJO DE
ENSAMBLE DE TURBINAS”**

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como Asesora de esta tesis a la **MTRA. GLORIA MORALES CARRASCO.**

Sin otro particular de momento, me es grato quedar de usted.

ATENTAMENTE
“PENSAR BIEN PARA VIVIR MEJOR”

H. Puebla de Z., 6 de febrero de 2015

**M.I. EDGAR IRAMÉZ VILLAGRAN ARROYO
DIRECTOR**



C.c.p.- Mesa de Exámenes Profesionales

Asesor

Archivo

M'EWA*M'AEPS*rba.

Facultad
de Ingeniería

Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio
s/n, edif. 108 C. Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610



MEMORANDUM

M.I. BEATRIZ GAMBOA FILISOLA
CATEDRÁTICA DEL COLEGIO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL
P R E S E N T E

Adjunto al presente, sírvase encontrar un ejemplar de tesis del Alumno. **MARIO ALBERTO MARTÍNEZ DE ITA, Pasante de la Carrera de Ingeniería Industrial**, Asesorado por la **MTRA. GLORIA MORALES CARRASCO**, con el Tema:

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE VENTILADORES MODELO CRH

DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE EQUIPOS DE VENTILACIÓN:

“REDISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS DE MONTAJE Y SUJECIÓN EN LA ESTACIÓN DE TRABAJO DE ENSAMBLE DE TURBINAS”

Por lo que solicito a usted de la manera más atenta, se sirva revisar e indicar sus comentarios en la misma, para que el Alumno efectúe las correcciones pertinentes antes de la impresión.

A T E N T A M E N T E

H. Puebla de Z., 6 de febrero de 2015

M.I. **SERGIO PONCÉ DE LEÓN DE LA HUERTA**
COORDINADOR DEL COLEGIO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

C.c.p.- Archivo.
M. SPLH*rba.

Facultad
de Ingeniería

Bvd. Valsequillo y Av. San Claudio
s/n, edil. 108 C, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE
IMPRESIÓN**

**M.I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA B.U.A.P.**

Presente.

La suscrita: **MTRA. GLORIA MORALES CARRASCO, Asesora del Tema de Tesis denominado:**

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE VENTILADORES MODELO CRH DE
UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE EQUIPOS DE VENTILACIÓN:**

**“REDISEÑO DE LOS DISPOSITIVOS DE MONTAJE Y SUJECIÓN EN LA ESTACIÓN DE TRABAJO DE
ENSAMBLE DE TURBINAS”**

Presentado por el **C. MARIO ALBERTO MARTÍNEZ DE ITA**, Pasante de la Carrera de Ingeniería Industrial y en atención al oficio No. 518/15, de fecha 6 de febrero del presente año, me permito informar a usted que **después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, la metodología, la redacción y la ortografía** de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en **autorizar la impresión** de la misma.

Asimismo, solicito tenga a bien autorizar el Jurado para su Examen Profesional.

Lo que hago de su conocimiento para los efectos legales a que haya lugar.

ATENTAMENTE

H. Puebla de Z., 26 de marzo de 2015



**MTRA. GLORIA MORALES CARRASCO
ASESORA**

c.c.p.- Interesado
Archivo

rba

CAPÍTULO I

Introducción

1.1- Antecedentes

El origen de la empresa donde se desarrolla la presente investigación data del año 1951 en España, donde dos jóvenes ingenieros con actitud emprendedora formulan un proyecto combinando el ingenio, talento y experiencia. Como resultado fundan una empresa de manufactura dedicada a la fabricación de ventiladores y equipo de aire acondicionado, que hoy en día con más de 60 años en el mercado beneficia a la industria en general.

Actualmente es una empresa líder en su ramo ya que ofrece una amplia gama de productos distribuidos en un radio aproximado de 1.1 millones de pies cuadrados en el mundo a través de sus fábricas localizadas en diferentes países. En gran parte, el crecimiento de la compañía a lo largo de los años ha sido el resultado de su filosofía corporativa que se basa en el principio de desarrollar productos de aire en movimiento que, de forma eficaz y eficiente, satisfagan las necesidades del cliente, apoyándose en principios de ingeniería, logística y mejora continua. (S&P USA Ventilation Systems, LLC., 2012, en red)

México cuenta con una planta productora perteneciente a este corporativo localizada en la ciudad de Puebla y, a través de la cual, se distribuye sus productos a distintas regiones. Esta tiene una capacidad para producir un gran número de modelos de productos, divididos en cinco líneas comerciales que son mencionadas a continuación:

- Línea habitad
- Línea comercial
- Línea industrial
- Línea OEM (Fabricante de Equipos Originales)
- Unidades de ventilación para la conservación de la energía

(S&P México Soluciones Innovadoras., 2013, en red)

La amplia gama de productos y su alto índice de la demanda hace que la planta instalada en el parque industria 2000, de la ciudad de Puebla, apueste a la mejora continua de los procesos de producción. Por tal motivo, la empresa ha creado un departamento propio de I+D+i (Investigación, desarrollo e innovación), encargado de estudiar, mejorar y proponer actividades que logren un perfeccionamiento de cada recurso o proceso donde se detecten ineficiencias. (S&P Sistemas de Ventilación., 2013, en red)

En los procesos de fabricación se utiliza un alto porcentaje de actividades manuales. Esto da una excelente oportunidad para aplicar la ingeniería de métodos, la mejora en el ámbito del Lean Manufacturing. Dentro de la línea de productos de tipo comercial del catálogo de la empresa, se encuentran los ventiladores de tipo centrífugo CRH (Extractores centrífugos de tejado descarga horizontal), con modelos del 10 al 48 dependiendo su tamaño. Este tipo de producto favorece el flujo de aire debido al material con el que es construido y su diseño que permite guiar el aire dentro de la misma estructura del ventilador. (Soler&Palau, 2011, en red)

La planta instalada en la ciudad de Puebla cuenta entre otras con una línea de producción diseñada especialmente para la fabricación del ventilador tipo CRH en todos sus modelos. Esta línea en especial es interesante por el tipo de dispositivos que se utilizan para el ensamble, el gran tamaño de las turbinas, la complejidad al ensamblar y los altos tiempos de operación. La línea se encuentra dividida en diversos puestos de trabajo destinados a la realización de tareas que van desde el procesamiento de la materia prima hasta el ensamble final del producto.

Una estación de suma importancia en la línea de producción de dichos ventiladores es la de ensamble de turbinas, ya que en esta se realiza la tarea del armado del corazón del producto. Dicha estación cuenta con herramental específico y dispositivos de montaje y fijación diseñados con el propósito de facilitar la tarea a los operadores.

Los dispositivos actualmente utilizados en el proceso, constan de un sistema de herramientas que funciona a base de cuerdas y roscas, las cuales deben ser ensambladas de forma manual para evitar el movimiento del material a trabajar. Este proceso es el que toma el mayor tiempo al trabajador debido a la complejidad del mecanismo en tamaño y distancia, razón por la cual el encargado del departamento

otorgó el permiso para realizar la presente investigación con el propósito de proporcionar una propuesta de optimización de la línea de fabricación del ventilador CRH.

1.2.- Justificación

Existen diversos métodos para lograr la optimización de las líneas de producción, una muy conocida por el éxito a nivel mundial en ventas y calidad es la de Toyota, sin duda es la mejora en el ámbito del Lean Manufacturing; mejorar la calidad (sin perder de vista las expectativas del Cliente), reducir los costos, mejorar el servicio al cliente, corregir y prevenir deficiencias de los procesos y productos. Con dos requisitos indispensables: mantener la seguridad y proteger el medio ambiente. Otra técnica efectiva es el estudio de métodos, que consiste en analizar a cada parte del trabajo con el objetivo de detectar acciones innecesarias y localizar las que son factibles de mejorar.

La industria en general, busca tener en sus equipos de trabajo a ingenieros preparados, con la capacidad de proponer opciones de solución de problemas con el objetivo de optimizar recursos, basándose en la aplicación de las diferentes herramientas de ingeniería, las cuales deben formar parte de la formación de cualquier Ingeniero Industrial.

Se ha tomado la iniciativa de realizar la presente investigación con la intención de generar una propuesta de optimización de la línea de producción con un enfoque principal en el rediseño de dispositivos, capaz de brindar ayuda por parte de personal externo a una empresa manufacturera que desea aplicar cambios en una de sus líneas producción y que está abierta a que practicantes y recién egresados generen cambios, innoven, apoyando al aceptar sus propuestas de Tesis y posteriormente implementarlas.

Desde el punto de vista personal, se tiene un gran interés por el desarrollo de la misma ya que se desenvuelve en un ambiente industrial y, como tal, constituye una propuesta de solución ante un problema real de producción, del cual se puede adquirir experiencia y confianza ante la reacción de afrontar aspectos similares futuros. De igual manera, genera una actitud autodidacta al momento de buscar y consultar fuentes confiables de información, así como un buen dominio de los temas a tratar en la investigación.

Se considera que por medio del desenlace y articulación de la investigación, es posible medir y comprobar la habilidad con la que se cuenta para manipular los datos obtenidos y como tal, lograr plasmarlos en diseños, planos técnicos o comprobaciones que dan como resultado una propuesta de rediseño basada en principios totalmente diferentes y novedosos.

Desde el punto institucional, el presente tema de investigación constituye una etapa de formación académica para el alumnado, ya que se busca pasar de los temas teóricos impartidos en las aulas a un caso práctico real donde él estúdiante aplicará todo su conocimiento e ingenio para proponer opciones de mejora o solución de problemas. Por medio de este proceso se complementan los aspectos teóricos y prácticos, logrando una mejor formación en los alumnos que en un futuro pondrán en alto el nombre y prestigio del mismo organismo.

La presencia de un observador externo en la empresa, a quien se le otorga la autorización de estudiar un problema con el objetivo de brindar una propuesta de mejora, es una opción favorable para la organización. Esto debido a que una persona que no está enrolada completamente en el sistema es capaz de ser más analítico y percatarse de problemas que como tal, serían muy difícil de identificar por personal que realiza la actividad de forma rutinaria sin importar la simplicidad o complejidad de la situación, es decir, se puede evitar la ceguera de taller.

El hecho de que las actividades se realicen de forma correcta en un proceso, no simboliza que sea la manera más eficaz y que no existan otras formas para realizar la tarea. Por tal motivo la empresa puede ser beneficiada, ya que como resultado de un análisis de operaciones se brindara una propuesta de optimización de la línea de producción del ventilador CRH al aplicar las técnicas de estudio de métodos y los conceptos de manufactura esbelta.

1.3.- Pregunta de investigación

¿Cómo optimizar la línea de producción del ventilador CRH en tiempo, calidad y ergonomía de la estación de trabajo?

1.4.- Objetivo general

Aplicar la Ingeniería de Métodos y las herramientas de manufactura esbelta para optimizar la línea de producción de los ventiladores CRH.

1.5.- Objetivos particulares

- Realizar visitas industriales a la empresa para efectuar estudios a la estación de trabajo.
- Obtener material visual que sirva de respaldo a la investigación.
- Obtener dimensiones de los modelos de turbinas que se ensamblan en la estación, puesto de trabajo y dispositivos de ensamble y sujeción.
- Analizar la secuencia de operaciones de la línea de fabricación de ventiladores CRH.
- Realizar un estudio ergonómico de los puestos de trabajo y generar ideas de mejoras.
- Aplicar la técnica 5S en los puestos de trabajo.
- Aplicar la herramienta de manufactura SMED (Single Minute Exchange of Die)
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos (MOST) al proceso de ensamble de turbinas y cambio de plantilla de los dispositivos actuales.
- Generar ideas de diseño utilizando herramientas de mejora continua.
- Plasmar las ideas de diseño generadas en bocetos 3D a través de un software CAD.
- Utilizar software CAM para verificar ensamble y funcionalidad de los diseños propuesto.
- Generar planos de diseño que contengan las especificaciones técnicas del rediseño.
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos al proceso de ensamble de turbinas y cambio de plantilla de los dispositivos propuestos.
- Comparar los estudios de tiempos realizados del diseño actual y propuesto para obtener resultados de reducción de tiempos en el proceso de ensamble de turbinas y cambio de plantillas del dispositivo.

- Realizar la secuencia de operaciones optimizada para la fabricación de los ventiladores CRH.

1.6.- Hipótesis

A través de un estudio de métodos y la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta se optimizará la línea de producción dedicada a la fabricación de ventiladores tipo CRH de una empresa de equipos de ventilación.

1.7.- Alcances

Mediante el correcto desarrollo de la presente investigación y a través de la utilización de diferentes herramientas de ingeniería, se pretende obtener una propuesta de rediseño de los dispositivos de montaje y sujeción que actualmente son utilizados para realizar el proceso de ensamble de turbinas de tipo CHR en una empresa manufacturera del ramo de equipos de ventilación.

Como primera etapa se realizará una investigación de campo que comprende visitas industriales donde se estudiará de forma general la estación de trabajo correspondiente. Estas visitas permitirán analizar la forma en como realizan su función los dispositivos de ensamble y sujeción, así como la forma en que los operarios ejecutan la tarea. Estas actividades se pueden sustentar y apoyar en la obtención de material visual como fotografías, en el caso de la utilización y función de los dispositivos en el proceso y, para el caso de la ejecución de la tarea, se realizará un estudio de movimientos el cual apoyará la realización de un estudio de tiempos predeterminados.

De igual manera el análisis a dicha área de trabajo con el apoyo de equipo de medición, permitirá obtener las dimensiones correspondientes a cada componente que interactúa en el proceso de ensamble de turbinas (mesa de trabajo, dispositivos de montaje y sujeción, etc.), los cuales apoyarán al objetivo principal de la investigación.

Una vez obtenidos los resultados se procederá a la realización de bocetos tipo borrador, con el fin de llegar a la conclusión del modelo ideal que se presentara como propuesta de rediseño. En esta etapa se contemplarán aspectos a desarrollar y herramientas de mejora continua para improvisarlos. Tal es el caso del aspecto

ergonómico de la estación de trabajo, cambio rápido de herramientas (SMED), que en el caso del presente proyecto se contempla al momento de cambiar las plantillas de soporte de los diferentes modelos de turbina y, la utilización de dichos dispositivos bajo un sistema que facilite el cambio de las mismas y que sea a prueba de errores (Poka Yoke).

Con la finalización de dichos bocetos, se considera la utilización de un software de diseño CAD, que apoyará en la realización de la propuesta de rediseño en forma tridimensional para contemplar apariencias, mejoras y funcionalidades de los diferentes componentes. También aportará ayuda al proyecto para la elaboración de los planos técnicos correspondientes a cada elemento del rediseño, los cuales incluirán sus descripciones técnicas, acotaciones, medidas y vistas correspondientes.

Un software de ingeniería CAM es ideal para realizar una prueba de ensamble de todos los elementos de rediseño de los dispositivos implementados en la estación de trabajo, con la cual se examinará y analizará la funcionalidad o, en dado caso, la modificación del rediseño propuesto.

Como método de comprobación, para conocer si los dispositivos propuestos mejoran la eficiencia en el proceso de los dispositivos actuales, se realizará un estudio de tiempos predeterminados MOST que dará como resultado la obtención de tiempos de proceso para las diferentes tareas. Se pretende aplicar el mencionado estudio en las actividades de ensamble de turbinas y cambio de plantillas del dispositivo que se utilizan para la manufactura de los diferentes modelos de turbinas correspondientes a la estación de trabajo. Con la obtención de dichos tiempos, es posible comprobar si existen mejoras en cuestiones técnicas mediante la propuesta de rediseño o, en caso contrario, la negación de las mismas.

1.8.- Limitaciones

El objetivo principal de la presente investigación es realizar un análisis a una estación de trabajo donde se ensamblan turbinas, para proponer a una empresa manufacturera de equipos de ventilación una propuesta de rediseño de los dispositivos utilizados en su proceso. Dicha actividad requiere de visitas industriales al lugar de trabajo para proceder a observar y analizar la estación con el propósito de enrolarse en el proceso y conocer la funcionalidad de los dispositivos.

Como primera limitación se tiene que la utilización de la estación de ensamble de turbinas depende de la planificación de producción de la empresa donde se realizará el presente proyecto, y al no ser un proceso lineal continuo, se utiliza en días y horarios diferentes. Por tal razón, se requiere agendar citas con el encargado del departamento de mejora continua para calendarizar las visitas, que a su vez pueden ser modificadas o canceladas debido a que se está a expensas de la utilización de la misma.

El manejo de la información dentro de las empresas de todo tipo suele ser confidencial debido a que son diseños o implementaciones propias de la misma. En la presente investigación se requieren datos como dimensiones de las turbinas ensambladas en la estación de trabajo, que no pueden ser proporcionadas con facilidad ya que son referencias propias de la organización. En este caso y si son necesarias para el desarrollo del proyecto, se puede recurrir a las especificaciones técnicas de los productos que se encuentran en la página web de la compañía y relacionarlos con las dimensiones obtenidas a partir del estudio a la estación de trabajo y los dispositivos.

Como ultima limitación se tiene el factor tiempo ya que se está a expensas de la utilización de la estación de trabajo, así como el permiso de acceso a personas ajenas a la planta de manufactura. Esto puede afectar la finalización exitosa de la investigación, por lo cual es necesario realizar una calendarización de las actividades a realizar.

1.9.- Definición de conceptos

Desde su aparición en la tierra, el ser humano siempre ha buscado la forma para simplificar la ejecución de las tareas relacionadas con su vida cotidiana. Desde la necesidad de cazar una gran bestia para satisfacer sus necesidades primarias, hasta la invención de artefactos que reduzcan el esfuerzo necesario para desempeñar su trabajo. Todo esto implica la utilización del ingenio para crear soluciones a las cuales podemos llamar herramientas. El hecho de que una herramienta satisfaga la necesidad para la cual fue desarrollada, no significa que sea la óptima para lograr su objetivo de la manera más eficaz; de esta manera siempre se puede proponer opciones de mejora ya sea en diseño o material a la herramienta para obtener mejores resultados.

La presente investigación, se centra en el objetivo de proponer un rediseño de dispositivos de montaje y ensamble que mejoren aspectos técnicos del modelo de herramienta actual utilizado en una empresa de manufactura de equipos de ventilación.

El diccionario de la Real Academia Española define proponer como: “Determinar o hacer propósito de ejecutar o no algo”. De esta manera podemos determinar la finalidad de este proyecto: brindar a un tercero una opción de cambiar de algo comúnmente utilizado a algo completamente nuevo, o bien, bajo los mismos principios pero en una forma mejorada, donde al concluir con el desarrollo de la investigación se tiene la alternativa de aceptar o rechazar la proposición.

Al hablar de dispositivos de montaje y sujeción tenemos que definir ciertos conceptos, ya que estos están relacionados con un ambiente meramente industrial, incluyendo el área o estación de trabajo designada a un operario para ejecutar actividades productivas.

Un dispositivo es un componente o conjunto de elementos mecánicos y eléctricos que integrados inteligentemente y con imaginación ayudan a reducir el contenido de trabajo en una operación. En general, los dispositivos de producción se caracterizan por ser relativamente sencillos. No obstante, constituyen el fundamento para la mejora de muchas operaciones. Por otro lado, es común que sean ideas originales, que aunque están compuestos por elementos conocidos, en conjunto son innovaciones, lo que significa que no hay otro igual y que se debe al ingenio de quien los concibió. (García Criollo, R., 2002, p.94)

Como se menciona anteriormente, el hecho de que algo funcione de manera correcta no significa que sea la opción ideal para realizarlo. En este principio se centra el concepto de mejora continua que, como lo define el autor Chang, es un enfoque sistemático que se puede utilizar con el fin de lograr crecientes mejoras en procesos, analizándolos detalladamente y describiendo maneras de mejorarlos. (Chang, R., 1996, p.07)

Una de las formas con las que se puede alcanzar una mejora continua en un proceso es el pensamiento basado en la manufactura esbelta, el cual se define como aquel concepto en el que todo el personal de producción trabaja en conjunto para eliminar el desperdicio o “muda”, refiriéndose a todo aquello que no debe contemplarse en la actividad, por medio de la utilización de efectivas y numerosas herramientas que pueden

aplicarse a aspectos diferentes de planeación de instalaciones en una estación de trabajo o para el manejo de materiales para producción. (Meyers, F., Stephens, M., 2006)

Para el caso de la presente investigación no se contempla la utilización de todas las herramientas de manufactura esbelta existentes para apoyar el rediseño de los dispositivos que se propone como objetivo principal del proyecto. Es necesario enfocarse en la aplicación de herramientas para el apoyo a los bocetos de diseño y el tiempo necesario para realizar el cambio de herramental para los diferentes tipos de modelo de turbina que se ensamblan con apoyo de los dispositivos. Por tal motivo se descartaron aquellas herramientas que no aportan un valor significativo al propósito de la investigación y se seleccionaron aquellas opciones que pueden mejorar aspectos técnicos del proceso. Basar el desarrollo del proyecto en base a filosofías como Poka Yoke para dar soporte al nuevo diseño de los dispositivos, SMED referente al tiempo de cambio de herramientas y Ergonomía para apoyar aspectos relacionados con el diseño del lugar de trabajo, cuidando aspectos fisiológicos de los trabajadores, conllevará a concluir la investigación con un desarrollo exitoso y obtención de buenos resultados.

Un dispositivo debe ser diseñado a prueba del error humano y, que de alguna forma, sea imposible cometer errores al momento de su utilización. La filosofía "Poka Yoke", creada por el señor Shingeo Shingo, es una técnica simple y efectiva que se utiliza para eliminar o reducir los defectos y equivocaciones ocasionadas por el error humano durante una operación. Los sistemas Poka Yoke están divididos en categorías funcionales, las cuales dependen de los propósitos y las técnicas utilizadas en los procesos. Así mismo, se dividen en base a la funcionalidad y aplicabilidad de los dispositivos y sus componentes en una estación de trabajo, ya sea por su forma, tamaño, diseño, entre otros. (Shingo, S., 1986)

Hoy en día, las empresas de manufactura buscan que sus líneas de producción sean más flexibles debido al comportamiento de la demanda que puede englobar varios aspectos relacionados con los gustos y necesidades de los clientes. Con la palabra flexibilidad se entiende que una línea es capaz de manejar la fabricación de diferentes modelos de producto o en su caso productos totalmente diferentes, por lo cual es necesario que los centros y las estaciones de trabajo estén adecuadas correctamente para realizar estos tipos de cambio sin provocar cuellos de botella durante el tiempo de ajuste de la maquinaria o equipo instalado para la fabricación de dichos productos. Referente a la estación de trabajo donde se desarrolla la presente investigación, es

necesario mencionar que tiene la capacidad para producir todos los modelos de turbina correspondiente a la línea CRH de la empresa de ventilación, actividad lograda gracias al apoyo de los dispositivos utilizados en el proceso. Razón por la cual se ha tomado la iniciativa de apoyar la propuesta de rediseño en base a la herramienta de manufactura esbelta SMED “Single Minute of Exchange Die”, referente al tiempo de cambio de herramental para los dispositivos.

SMED literalmente significa “Cambio de una matriz en minutos de un solo dígito”. En la práctica asciende a una sistemática que nos permitirá ahorrar tiempo en los cambios de máquina o herramental. (Del Vigo, I., Villanueva, J., 2009, en red)

Al buscar proponer un rediseño de dispositivos de montaje y ensamble a una empresa manufacturera, es necesario contemplar ciertas áreas de estudio, como son los aspectos ergonómicos, ya que en caso contrario, los dispositivos no podrán ser utilizados con eficiencia y provocarán fallas o defectos y, de no ser considerado, lesiones en los operadores de la tarea.

La ergonomía es una disciplina científica que estudia integralmente al hombre en las condiciones concretas de sus actividades productivas relacionadas con el empleo de máquinas, herramientas o medios técnicos. Existen dos visiones y campos de estudio referentes a la ergonomía: ergonomía para el diseño industrial o de productos de consumo y ergonomía industrial. En el caso de la presente investigación, se hace referencia al campo de la ergonomía industrial ya que se desarrolla en una empresa meramente de manufactura. La ergonomía industrial es una ciencia que se centra en el sistema persona-máquina, cuyo objetivo consiste en la adaptación del ambiente o condiciones de trabajo a la persona, con el fin de conseguir la mejor correlación entre confort y eficacia productiva. (Flores, C., 2001)

Por último, se requiere hacer una comparación entre los dispositivos actualmente utilizados por la empresa para el proceso y la propuesta de rediseño para saber si es posible conseguir mejoras referentes a aspectos técnicos. Para este proceso se tomó en cuenta la realización de estudios de tiempos, ya que por medio de estos se pueden conocer la cantidad de minutos necesarios para realizar una actividad y el número de operaciones necesarias para concretar la tarea.

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para

llevar a cabo una tarea determinada, con arreglo a una norma o estándar de rendimiento prestablecido. (García, R., 2002, pp.185)

Existen diferentes tipos de estudios de tiempos, pero para el cometido de la comparación entre dispositivos y propuesta, es necesario manejar el mismo modelo de estudio en el proceso. El estudio de tiempos predeterminados son tablas de movimiento-tiempo con reglas explicativas e instrucciones de uso sobre estos valores que se asignan a las operaciones, dando como resultado final una sumatoria o tiempo de un proceso en general. (Niebel, B., 1996, pp.484)

Comúnmente las empresas utilizan distintos sistemas de tiempos predeterminados dependiendo el tipo de operaciones y su complejidad. MOST es un sistema predeterminado el cual permite el análisis de cualquier operación manual y algunas operaciones con equipos. El concepto MOST se basa en actividades fundamentales, que se refieren a la combinación de los objetos también llamadas secuencias. (García, R., 2002, pp. 367)

1.10.- Métodos de recopilación y procesamiento de la información

El citado proyecto se desarrollará en diferentes fases o etapas de investigación, las cuales se describen a continuación con sus respectivas técnicas de recopilación y análisis de información, los recursos empleados para el estudio y los resultados esperados para cada etapa.

1.- Estudio de la estación de trabajo de ensamble de turbinas CRH de la empresa donde se desarrolla el proyecto y la observación del proceso productivo para enrolarse en el mismo.

Esta actividad consistirá principalmente en realizar visitas industriales a la empresa de manufactura de artículos de ventilación para observar el desarrollo del proceso de ensamble de turbinas CRH en su respectiva estación de trabajo. De esta manera se puede conocer el objetivo de los dispositivos utilizados para desarrollar la tarea y realizar el estudio correspondiente para obtener aspectos técnicos de las herramientas y área de trabajo.

Como primera etapa se utilizará el método de observación, ya que se requiere analizar la funcionalidad de los dispositivos de montaje y sujeción de la estación de trabajo y como es que estos facilitan la tarea a los operarios. Para el cometido de esta etapa se requiere la utilización de herramientas de fotografía y video para la obtención de material visual que apoyara a la investigación durante su desarrollo. De igual manera se pretende hacer una serie de preguntas a los operarios encargados de realizar la actividad con el fin de detectar anomalías, ya que ellos conocen y están relacionados ampliamente con su lugar de trabajo.

La segunda etapa contemplará un estudio a las herramientas de la estación, mesa de trabajo y dispositivos de montaje con su respectivo herramental, con el fin de conseguir sus dimensiones ya que estas van acorde al modelo de turbina a fabricar. Esta etapa se apoyará en el uso de material de metrología como el pie de rey o calibrador y flexómetro. Es necesario mencionar que para la obtención de las dimensiones correspondientes a los dispositivos que se utilizan actualmente en la estación de trabajo, se utilizara un calibrador de tipo analógico en milímetros, ya que este brindará una obtención de resultados más confiable y facilitara la medición de interiores, exteriores y profundidades. La captura de dichas dimensiones se registrará en bocetos de planos técnicos correspondientes a cada elemento y realizados a mano alzada, con el propósito de facilitar la comprensión de los mismos al investigador y su aplicación en el desarrollo del proyecto.

Al concluir esta fase del proyecto, se tendrá la información suficiente para comenzar a generar ideas referentes al rediseño de los dispositivos ya que se estará relacionado con el proceso de ensamble de turbinas y la función que desempeñan cada uno de los elementos que corresponden a los dispositivos de montaje y ensamble, así como el conocimiento de aquellos problemas que se podrían mejorar por medio de las respuestas de los operarios encargados.

2.- Rediseño del modelo de dispositivos de montaje y sujeción utilizados en el proceso de ensamble de turbinas aplicando herramientas de manufactura esbelta.

Para comenzar con esta fase de la investigación, se requiere el apoyo de material de tipo bibliográfico y electrónico especializado en temas de mejora continua y herramientas de manufactura esbelta, principalmente Poka Yoke, SMED, ergonomía y diseño de

estaciones de trabajo. Por medio de la bibliografía se pueden obtener conceptos importantes y principios de aplicación en rediseños de elementos del área de trabajo, así como la elaboración de resúmenes con aquella información importante que servirá de apoyo a la investigación.

Una vez que se cuente con aquellos principios necesarios para desarrollar un rediseño de dispositivos en base a la filosofía antes mencionada, se procederá a la elaboración de bocetos de rediseño de acuerdo a la información recopilada en la fase uno del proyecto. Como primer paso, la realización de los bocetos será en planos técnicos presentados a mano con toda la información necesaria para su comprensión. Una vez definido el rediseño final se procederá a su captura de forma digital en un software de diseño y se probará su funcionalidad de acuerdo a diseño, tolerancias y ensambles en el caso de los herramientas correspondientes, en un software de ingeniería.

Para este proceso se ha considerado el uso del Software de Ingeniería Catia V5R19, ya que este contiene módulos de tipo CAD (Diseño asistido por computadora) para el proceso de diseño mecánico computarizado, su procesamiento en tercera dimensión y la generación de sus correspondientes planos técnicos, y CAM (Manufactura asistida por computadora) para cuestiones de ingeniería como ensambles, pruebas de materiales, pesos y tolerancias.

El resultado de esta fase del proyecto será una propuesta de rediseño de dispositivos bajo la filosofía de mejora continua y el uso de herramientas de manufactura esbelta, la cual se tendrá disponible en forma computarizada para realizar cualquier corrección referente a aspectos técnicos y de diseño y se podrán presentar planos técnicos de cada elemento a rediseñar tanto en papel como su desarrollo en forma tridimensional.

3.- Estudio de tiempos predeterminados a las actividades de cambio de herramientas de los dispositivos de montaje-sujeción y al proceso de ensamble de turbinas como método de comparación.

Como fase final del proyecto, es necesario presentar un método de comparación entre los dispositivos actualmente utilizados por la empresa y la propuesta de rediseño, con el

propósito de saber si el proyecto aporta ventajas técnicas con respecto al método empleado.

Para recopilar la información es necesario el uso y apoyo de material bibliográfico y electrónico especializado en sistemas de tiempos predeterminados, en especial de los sistemas MOST que son los contemplados para el desarrollo de la investigación debido a su simplicidad y facilidad de ejecución. Además es necesario estandarizar el uso del sistema seleccionado en todas las actividades a evaluar con el propósito de obtener resultados confiables. Con respecto al manejo y análisis de la información obtenida, se realizarán resúmenes de apoyo para realizar los estudios y se utilizarán tablas de información con respecto a las secuencias del sistema y su aplicación en las diferentes tareas y operaciones; de igual manera, se obtendrán tablas de los tiempos estandarizados para cada actividad por el sistema MOST.

Una vez obtenidos los conocimientos necesarios para realizar un estudio de tiempos predeterminados, se diseñará un formato MOST apto para registrar los datos con la información necesaria del proyecto de investigación.

El resultado de esta fase del proyecto será la obtención de los tiempos estándar utilizados para realizar el cambio de herramientas de los dispositivos y el proceso de ensamble de turbinas utilizados en el proceso actual y la propuesta de rediseño, procediendo a un análisis de los datos y conociendo si el objetivo de la investigación ofrece ventajas técnicas a la estación de trabajo, dándole la opción a la empresa de ventilación de contemplar la propuesta o en su caso rechazarla.

CAPÍTULO II

Ingeniería de Métodos

2.1.- Definición de Ingeniería de Métodos.

“Es la técnica que somete a un profundo análisis a cada operación de determinada parte del trabajo con el fin de eliminar todas las operaciones innecesarias para acercarse al método mejor y más rápido de desempeñar cada método estándar. Solo cuando ya se ha hecho todo esto, y no antes, se determina por medio de una medición precisa el número de horas estándar en las cuales un operario trabajando con un desempeño promedio puede realizar el trabajo; por último normalmente aunque no de manera necesaria, se concibe un plan de compensación de mano de obra, que motive al operario a alcanzar o superar el desempeño promedio”. Maynard.

Incluye diseñar, crear y seleccionar los mejores métodos, procesos, herramientas, equipo y habilidades de manufactura para fabricar un producto basado en los diseños desarrollados en la sección de ingeniería de producción, estudia de manera continua los centros de trabajo para encontrar una mejor manera de fabricar el producto y aumentar su calidad.

Por lo tanto, el objetivo final de la ingeniería de métodos es el incremento de las utilidades de la empresa, analizando:

- Las materias, materiales, herramientas, productos de consumo.
- El espacio, superficies cubiertas, depósitos, almacenes, instalaciones.
- El tiempo de ejecución y preparación.
- La energía tanto humana como física mediante una utilización racional de todos los medios disponibles.

2.1.1.- Alcances de la Ingeniería de Métodos

- Diseño, formulación y selección de los mejores: Métodos, procesos, herramientas, equipos diversos y especialidades necesarias para manufacturar un producto.
- El mejor método debe relacionarse con las mejores técnicas o habilidades disponibles a fin de lograr una eficiente interrelación humano-máquina.
- Enseguida, determinar el tiempo requerido para fabricar el producto de acuerdo al alcance del trabajo.
- Cumplir con las normas o estándares predeterminados, y que los trabajadores sean retribuidos adecuadamente según su rendimiento. (Niebel, B., 1996)

Para realizar el análisis de la línea de fabricación del ventilador CRH, se elaboró el diagrama de flujo de proceso de la línea. Los diagramas son herramientas muy útiles en cuanto a modificaciones de procesos se refieren. Ellos nos ayudan a tener una visión más clara del proceso en estudio, además de darnos una idea de cómo quedará el método a implantar al representar de una forma gráfica los cambios a efectuar.

Sin importar para qué se use el estudio de métodos (diseñar un nuevo centro de trabajo o mejorar uno en operación), tanto el problema como la información de los hechos relacionados deben presentarse de manera clara y lógica.

Para mejorar una operación se debe saber exactamente en que consiste y, excepto en el caso de aquellas que son muy simples y cortos, rara vez se tiene la certeza de conocer todos los detalles de la tarea. Por lo tanto, se deben observar todos los detalles y registrarlos.

Se analizaron las áreas de oportunidad y todas son factibles de mejora, es claro que la planeación en su momento toma decisiones basadas en los recursos económicos, el tiempo, el espacio, la ubicación, la tecnología, etc. Y que en ese momento el método fue el mejor. Se puede trabajar en el recorrido de los materiales, la logística, en la automatización, en la ergonomía de los puestos de trabajo. Existe un gran interés por generar la mejora en la estación de ensamble, rediseñar los dispositivos, esto será el punto central de la Tesis. Se aplicará un estudio de micromovimientos y de ergonomía. A

continuación se muestra un diagrama de flujo que muestra la secuencia de operaciones y estaciones de trabajo en la línea de ensamble de turbinas CRH.

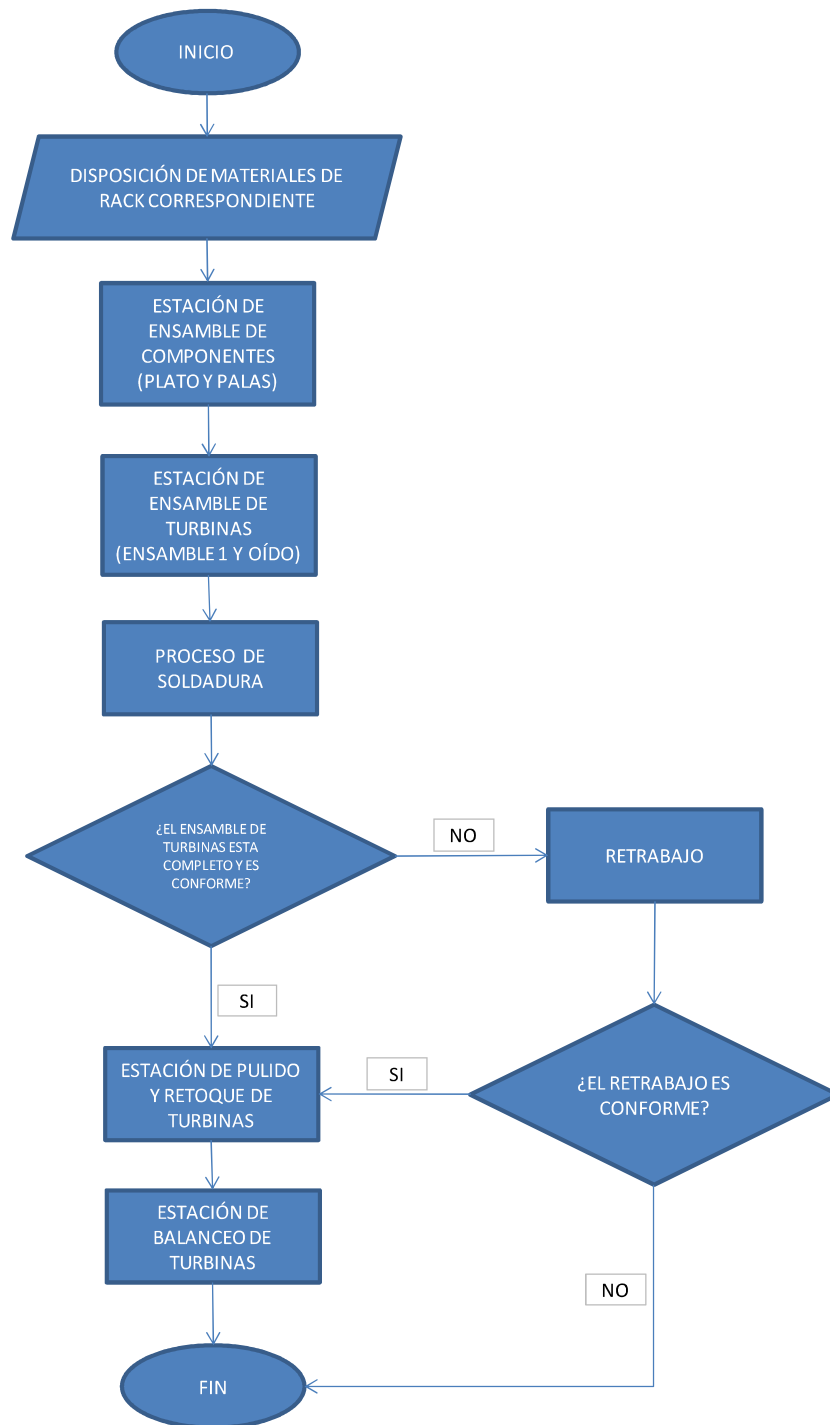


Figura 1: Diagrama de flujo de la línea de ensamble de turbinas CRH

2.2.- Diseño de la estación de trabajo

Una estación o puesto de trabajo es aquel lugar modificado o adaptado con equipo y herramientas necesarias para que un trabajador, al cual se le asignó una tarea, tenga la capacidad de concretarla de una manera más eficiente.

Partiendo de este principio, se puede decir que el objetivo de una estación de trabajo es optimizar las condiciones del entorno de trabajo para que un operador pueda realizar sus actividades sin complicación alguna

El diseño de las estaciones de trabajo así como de los métodos utilizados para aumentar cuestiones de efectividad en los operarios, ha corrido por cuenta de los ingenieros industriales desde hace muchos años. El autor Meyers menciona que en muchos de los casos la pregunta inicial de aquel especialista encargado de realizar actividades de diseño de trabajo es ¿por dónde se debe comenzar? Antes que nada se debe conocer cuál es la actividad que se realizará en la misma, además de que deben tomarse en cuenta ciertas características de los componentes de la estación a incluirse en el diseño:

- Mesa de trabajo
- Materiales de llegada (tornillos, tuercas, remaches, etc.)
- Material de salida (producto terminado)
- Espacio y acceso del operador al equipo
- Ubicación de desperdicios o rechazos
- Dispositivos y herramientas

Una vez consideradas dentro del diseño de un puesto de trabajo, se puede deducir que lo único que puede limitar un ingeniero para la realización de esta tarea es su propia creatividad e ingenio. (Meyers, F., 2000)

Si analizamos la pasada información, podemos darnos cuenta que solo se mencionan aspectos técnicos de lo que una estación de trabajo requiere, dejando a un lado el aspecto humano. Al idear un diseño, deben tomarse en cuenta aspectos como la flexibilidad de uso para los operarios ya que no todos cuentan con las mismas características en peso, dimensiones del cuerpo y de extremidades, fuerza, entre otros; por lo cual es muy importante nunca olvidar el factor ergonómico. (Párraga, M., 2003, en red)

La Ing. Industrial María Párraga, de la Universidad UNMSM del Perú, menciona que el interés de un ingeniero industrial particularmente se ha centrado en el deseo de mejorar, elevar y alcanzar los niveles óptimos de productividad en las tareas que se desarrollan, descuidado ciertos aspectos como lo es el diseño de las estaciones de trabajo y la postura que éstas deben adoptar para la ejecución de tareas, posiblemente por la imposibilidad de conseguir aspectos cuantitativos de comodidad en las estaciones. (Párraga, M., 2001, en red).

Debido a que la ergonomía y antropometría son ciencias muy extensas y de suma importancia en la industria, actualmente existe demasiada información del área con la cual es posible respaldar y realizar un estudio correcto de una estación de trabajo con referencia al aspecto humano. Aludiendo al párrafo anterior, gracias al avance en este tipos de análisis del factor humano en el trabajo, se han desarrollado herramientas para medir el nivel ergonómico del puesto de trabajo, apoyado siempre por la bibliografía de esta ciencia, motivo por el cual no se está de acuerdo con dicha aseveración ya que depende de la capacidad y el nivel de experiencia con la que cuenta un Ingeniero Industrial para considerar todos los aspectos a mejorar en una estación de trabajo y poder resolverlos.

2.3.- La estación de ensamble de turbinas CRH

La empresa donde se realiza el presente proyecto tiene un giro específico de manufactura de equipos de ventilación. Dentro de su amplia gama de productos se consideran los tipo CRH (Extractores centrífugos de tejado descarga horizontal), para los cuales se tiene una línea de producción especialmente adaptada para estos artículos. La línea se considera de tipo flexible ya que mediante sus diferentes estaciones de trabajo se pueden fabricar extractores de diferentes modelos y tamaños.

El diseño de los extractores CRH permite guiar al aire dentro de la estructura del ventilador, sin ningún tipo de turbulencia debido a la estructura aerodinámica del ventilador. Además, el método de fabricación de esta gama, ofrece un acabado estético de alta aceptación dentro del mercado de la ventilación además de resistencia contra agentes corrosivos del medio ambiente.

Dentro de los detalles constructivos, estos extractores cuentan con gran rigidez, debido al material de fabricación y al diseño de sus soportes internos; favoreciendo al flujo de aire.

Las turbinas de álabes rectos atrasados balanceadas dinámicamente, están fabricadas con aleaciones especiales de aluminio, las propiedades de este tipo de material brindan alta resistencia a esfuerzos mecánicos.

La línea de producción de estos equipos de ventilación contempla operaciones que van desde procesamiento de materias primas hasta el ensamble final del producto, pasando por operaciones de corte, soldadura y ensamble en las diferentes áreas de trabajo. El estudio de campo correspondiente a esta investigación se desarrolla en la estación correspondiente al ensamble del corazón de un equipo de ventilación, la turbina, ya que es el motor del artículo y da funcionalidad al mismo.

La estación de ensamble de turbinas tipo CRH fue diseñada para que en sus instalaciones se realizara la actividad de unir los diferentes componentes que integran este subproducto (aspas, base, remaches, etc.), permitiendo al operario trabajar diferentes modelos y tamaños de turbinas. Todos estos componentes se reciben de las estaciones de trabajo predecesoras, llegando en forma de lotes al proceso, donde concluida la actividad y transformados en turbina, continúan el camino por la línea de producción para ser ensamblados con las diferentes partes que integran un equipo de ventilación.

Como tal, el objetivo particular de la estación de trabajo es el de brindar al operario encargado de realizar la tarea, herramientas y espacio necesario para efectuar de una manera eficiente el proceso de producción concerniente a este componente de un equipo de ventilación tipo CRH.

2.4.- Arreglo del área de trabajo

Si nosotros nos damos a la tarea de buscar un sinónimo para la palabra “arreglar”, podemos encontrar que uno de tantos es “ordenar”, definido por la Real Academia española como aquella acción de colocar las cosas en el lugar que les corresponde.

Por tanto, esta división, como lo explica el autor Meyers, refiere a mantener la estación de trabajo organizada y tener tanto herramientas como partes lo más cerca

posible del punto de uso. Un lugar ordenado y distribuido para cada parte y herramienta, auxilia en el proceso de generar un hábito en los trabajadores y la velocidad del proceso de aprendizaje de los mismos. (Meyers, F., 2000, pp. 95)

Se entiende que un arreglo del puesto de trabajo implica que todas las herramientas y los materiales que son utilizados en el proceso o la ejecución de la tarea deben colocarse dentro del área que se delimita por la distancia máxima de la estación de trabajo, igualmente deben estar a la vista del operador y lo más cerca posible para suprimir la acción de buscarlos cuando se necesitan. Al tener una estación de trabajo en orden, los procesos se agilizan en forma significativa, ya que todos los componentes pueden encontrarse de una manera muy fácil y sin complicaciones. Desde el momento en que un diseño es planteado debe considerarse la acción de mantener en orden el puesto de trabajo, de esta manera la persona encargada de esta actividad puede evitar muchos problemas que sin duda se acarrearán en un futuro debido a una mala planeación. (García, R., 2002, pp. 86-88)

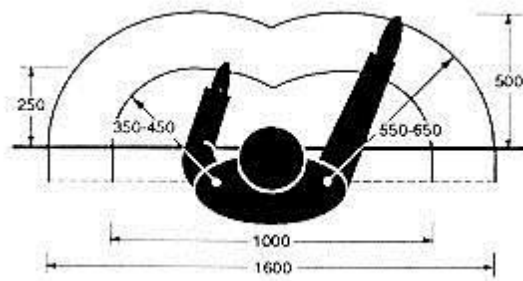


Figura 2: Dimensiones ergonómicas del área de trabajo

2.5.- Estructura de la estación de ensamble de turbinas CRH

La estación de trabajo correspondiente, está adaptada con herramientas y equipo diseñado especialmente para que en ella se realicen actividades del proceso de manufactura de ensamble de turbinas. El material correspondiente es el siguiente:

1. Mesa de trabajo. Su función en la estación de trabajo es la de facilitar al operario la actividad de buscar y sostener el herramental necesario para desarrollar la actividad. Fue diseñada bajo el concepto ergonómico, por lo cual su altura

corresponde a la de la cadera de un operario facilitando el proceso de ensamble de turbinas.

2. Dispositivos de ensamble y sujeción. Son utilizados con el objetivo de brindar un apoyo durante el proceso al personal y que este pueda liberar ambas manos para realizar la actividad de ensamble de turbinas. Son diseños únicos y adaptados especialmente al proceso para que puedan satisfacer las necesidades requeridas.
3. Taladro neumático. Herramienta útil en el proceso y estación de trabajo ya que corresponde al proceso de barrenado de las piezas que contemplan una turbina.
4. Remachadora neumática. Herramienta útil en el proceso y estación de trabajo ya que corresponde al proceso de unir o remachar las piezas que forman parte de una turbina.
5. Picos de pato (remaches, tuercas). Son depósitos útiles en la estación de trabajo para contener remaches y piezas necesarias para el armado y montaje de las piezas en el dispositivo y ensamble de turbinas.
6. Tarima (Piezas sin ensamblar, piezas ensambladas). Las tarimas se utilizan en el proceso para contener las piezas por lotes que integran una turbina antes de ser procesadas o ensambladas y para retener las piezas terminadas antes de continuar al siguiente proceso.
7. Rack de Almacén (2). Los racks son utilizados en el proceso para almacenar las turbinas ensambladas retenidas en el proceso, piezas que integran una turbina antes de ser procesadas y herramienta de cambio de los dispositivos necesario para posibilitar el ensamble de los diferentes modelos de turbina que se trabajan en la estación.

El siguiente Layout corresponde a la distribución actual de la estación de trabajo de ensamble de turbinas.

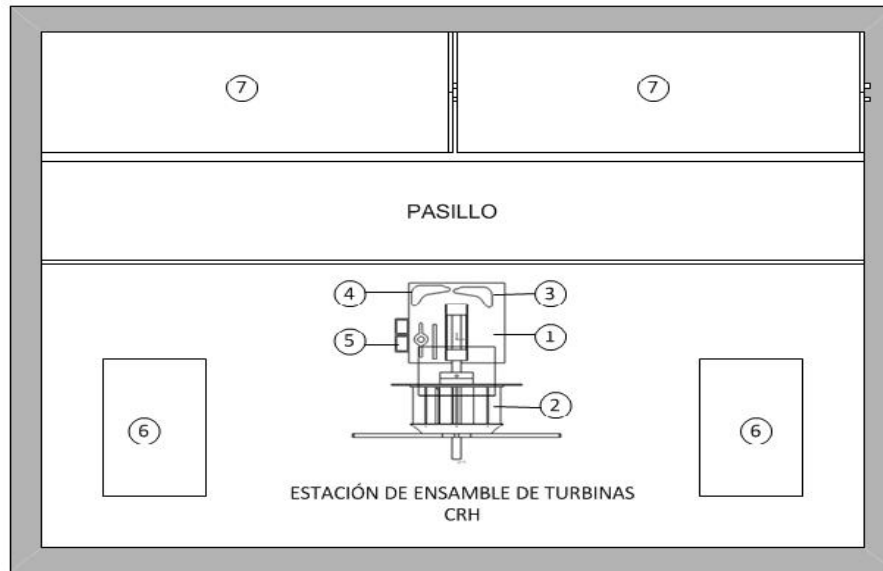


Figura 3.- Estación de ensamblaje de turbinas CRH (Lay out)

2.6.- Diseño de herramientas y equipo

Kanawaty menciona algunos puntos esenciales que deben ser considerados al momento de diseñar herramientas, dispositivos y equipo:

- Debe evitarse que las manos estén ocupadas sosteniendo piezas cuando esta actividad puede suprimirse utilizando plantillas, brazos y/o dispositivos.
- Siempre que sea posible, deben combinarse dos o más herramientas
- Los mangos de sujeción, deben diseñarse para que la mayor cantidad de su superficie este en contacto con la mano.
- Las palancas, barras, volantes y accionadores, deben colocarse de una manera en la que el operario pueda manipularlos con un mínimo cambio de posición del cuerpo. (Kanawaty, G., 1996, pp. 45-46)

Es importante mencionar que la ejecución de la operación se realiza en conjunto con las herramientas, dispositivos o equipo de la estación de trabajo y las extremidades del operario, por lo cual es importante que sean diseñadas sin olvidar el factor humano y bajo el concepto de fácil utilización, de esta manera cualquier persona será apta para su utilización.

2.7.- Dispositivos: funciones y características

El corazón de la presente investigación es precisamente el concepto de “dispositivos”, teniendo como objetivo principal el desarrollo de una propuesta de rediseño de los que actualmente son utilizados en el proceso de ensamble de turbinas CRH de una empresa que fabrica equipos de aire acondicionado y ventilación. Para el desarrollo de la actividad antes mencionada, primeramente es necesario conocer su significado, características y funciones:

“Un dispositivo es un elemento o conjunto de elementos mecánicos que integrados inteligentemente y con imaginación ayudan a reducir el contenido de trabajo de una operación”.

La función principal de un dispositivo en un proceso productivo es el de apoyar al operario en la realización de la tarea, reduciendo la carga de trabajo y convirtiendo la operación en algo sencillo y fácil de realizar. Cabe mencionar que un dispositivo parte de una idea original e innovadora, por lo cual son únicos y propios del ingenio de quien lo crea. De igual manera son relativamente sencillos y se componen de elementos conocidos como tuercas, tornillos, placas de acero, ruedas dependiendo del proceso. (García, C., 2002, pp. 94)

Se puede llegar a una confusión entre el concepto de herramienta y dispositivo. Una herramienta es un artefacto que ayuda al trabajo, y que se caracteriza por amplificar o reducir alguna de las funciones propias de la mano, aumentando la funcionalidad de las mismas. (Mondero, P., 1999, pp. 92)

Como podemos ver, los dos conceptos aportan apoyo en cuestión de reducción de esfuerzos para la realización de la tarea a los operarios, la diferencia entre ambos es que las herramientas son estandarizadas y puede haber un número sin fin de las mismas, mientras que los dispositivos son únicos, existiendo solo uno de su tipo.

2.8.- Tipos de dispositivos

Los dispositivos pueden clasificarse de acuerdo a su funcionalidad en los siguientes grupos:

- Dispositivos para soporte, colocación y montaje.
- Guías o plantillas
- Dispositivos para depósito y colocación de material
- Conjuntos de cambio rápido
- Pedales
- Dispositivos de selección y medición (Control de calidad)
- Dispositivos especiales

(García, C., 2002, pp. 94)

Los dispositivos utilizados para el caso de la presente investigación son del tipo de soporte, colocación y montaje, de los cuales se describen sus características particulares

2.8.1.- Dispositivos de soporte, colocación y montaje

Un dispositivo de soporte, colocación y montaje es un instrumento que sirve para sujetar las piezas con el fin particular de que no sea necesario sostenerlas con una mano mientras que la otra trabaja. (Kanawaty, G., 1996, pp. 150)

Si en un proceso una de las manos del operario se encuentra sujetando algo mientras la otra trabaja, se puede decir que ambas no realizan un trabajo útil y el operario no está siendo eficiente ya que no utiliza todos sus recursos en la ejecución de la tarea. Por tal motivo siempre será factible diseñar un dispositivo de montaje y sujeción que libere las extremidades del operario y permita que ambas manos realicen actividades productivas, ahorrando tiempos y permitiendo que las partes del trabajo se sostengan de una manera más firme y exacta.

2.9.- Diseño de dispositivos

El objetivo principal de un dispositivo de montaje y sujeción es el de conseguir una mayor precisión en las operaciones de manufactura, proporcionando un apoyo al operario para que pueda utilizar íntegramente sus extremidades logrando un proceso más eficiente. En algunas ocasiones puede ser que los dispositivos proporcionen la ayuda necesaria al operario y cumplan su objetivo de una manera satisfactoria, pero al realizar la operación

de abrirlos y cerrarlos, es posible que se realicen más movimientos de los necesarios. Por tal motivo siempre será posible realizar modificaciones en el diseño para eliminar aquellos movimientos innecesarios en el proceso de utilización del dispositivo, con la finalidad de agilizar el proceso de manufactura.

El autor George Kanawaty, menciona una lista de observaciones que deben cuidarse al momento de realizar una modificación o un nuevo planteamiento de un dispositivo de montaje, las cuales se mencionan a continuación:

1. Las abrazaderas deberán ser de manejo fácil, sin que sea necesario atornillarlas, a menos que sea indispensable por razones de precisión.
2. Los dispositivos deberán ser de un modelo que permita cargar piezas con ambas manos y con el mínimo de obstrucción posible. No deberán existir obstrucciones entre el lugar donde se recoge el material y la entrada del dispositivo.
3. La acción de soltar una abrazadera deberá servir también para expulsar la pieza.
4. En trabajos pequeños de montaje, los dispositivos de fijación para piezas en las que no pueda trabajarse con las dos manos a un tiempo deben ser capaces de contener dos piezas, con suficiente espacio entre ellas para que ambas trabajen con facilidad.
5. Si se utilizan herramientas que utilicen muelles para poner piezas en posición, habrá que verificar su solidez; si no son de modelos resistentes, funcionaran bien durante algún tiempo, pero después habrá que repararlas o diseñarlas de nuevo.
6. Al introducir una pieza en el dispositivo es importante que el operario pueda ver lo que hace en todo momento, lo que deberá comprobarse antes de aceptar un modelo.

(Kanawaty, G., 1996, pp.150-151)

2.9.1.- Materiales para la fabricación de un dispositivo

El diseño de un dispositivo también implica la selección de un material para su fabricación. Al hacer la elección del material, la experiencia es una buena guía, pero en muchos de los casos los ingenieros encargados del proceso de diseño desestiman las posibilidades que ofrecen nuevos materiales. El mejor material es aquel que sirve para la finalidad propuesta con bajo coste para la manufactura y la conservación del funcionamiento del dispositivo. El material adecuado no siempre es fácil de encontrar, hallarlo puede implicar pruebas, errores y en algunos casos un arduo trabajo de investigación. En muchos casos, el correcto funcionamiento del dispositivo dependerá de la buena selección del material de fabricación y en qué sentido apoya este al operador. (Moring, V., 1997, pp. 53)

2.9.2.- Contemplación de tolerancias y juegos en el diseño de dispositivos

Existen muchos casos en los cuales un dispositivo de montaje y sujeción es utilizado para realizar la manufactura de diferentes modelos de productos, es decir, son elementos de apoyo flexibles para la manufactura. Este tipo de proceso puede ser posible gracias a la utilización de diferentes tipos de herramental, que se diferencian en forma y tamaño, que al trabajar en conjunto y ser ensamblados conforman el dispositivo. Por tal razón, es necesario contemplar los conceptos de tolerancia y juego al momento de diseñar un dispositivo de montaje y sujeción de tipo flexible.

Tolerancia es la variación total admisible del valor de una dimensión. Si una dimensión en particular tiene que ajustar dentro o fuera de otra, como un perno o pasador en un agujero, es de suma importancia esta variación admisible de las dimensiones para permitir su funcionamiento. En el caso de conjuntos intercambiables, la diferencia de dimensiones es referida al **juego**, el cual, en ajustes de rotación libre, es la mínima diferencia especificada entre las dimensiones de la pieza macho y pieza hembra. (Moring, V., 1997, pp. 101-102)

El buen funcionamiento de los dispositivos puede depender en cierta parte de las tolerancias y juego que se le asignan al momento de plantear un diseño de los mismos, por lo cual es importante contemplar los presentes conceptos en la elaboración de la presente investigación.

2.9.3.- Unión de las partes de un dispositivo de montaje y sujeción de tipo intercambiable

Si se habla de un dispositivo de tipo intercambiable, se entiende que es un mecanismo que permite la manufactura flexible, permitiendo el cambio de su herramental para apoyar a la operación y trabajador en el proceso de manufactura de diferentes modelos de artículos o materiales. Si hablamos de un diseño de este tipo de conjuntos es necesario definir cuál será el método de unión de sus piezas, ya que hay de tipo permanente y semipermanente.

Para este tipo de dispositivos se considera solamente el método de semipermanentes, ya que de otra forma se perdería el sentido de la palabra flexible, debido a que un método de unión permanente no permitiría realizar los cambios del correspondiente herramental al dispositivo.

Referente al método de semipermanentes, el tipo de unión más eficiente es el de la utilización de tornillos de sujeción. El diseño y aplicación de estos elementos en un dispositivo de elementos intercambiables varía desde el caso sencillo en que basta algún cálculo simple ocasional hasta el otro caso extremo en que es necesaria una extensa experimentación destinada a simular condiciones particulares, todo esto dependiendo del tipo de operación a realizar en el dispositivo y el tipo de aplicación del mismo.

2.9.4.- Consideraciones funcionales de un dispositivo

El autor García Criollo menciona que es importante considerar las siguientes observaciones relacionadas con el diseño y el cometido de los dispositivos de montaje y sujeción:

- Localización de las piezas en el dispositivo.
- Prensado de la pieza
- Versatilidad y efectividad del dispositivo.
- Rigidez y simplicidad.
- Facilidad para la carga y la descarga de la parte.

(García, R., 2002, pp. 95)

2.10.- Dispositivos de montaje y sujeción de la estación de ensamble de turbinas CRH

Los dispositivos utilizados en la estación de trabajo correspondiente integran diferentes herramientas que en conjunto brindan apoyo al operario para realizar la operación de ensamble de turbinas de una manera mas eficiente, rapida y de calidad. Los herramientas del dispositivo, con el apoyo de tuercas y roscas, sujetan de una manera precisa las piezas a utilizar en el proceso, permitiendo al operario utilizar ambas manos para realizar las operaciones de barrenado y remachado correspondientes al proceso de manufactura del ensamble de una turbina.

El herramental concerniente al diseño de los dispositivos de montaje y sujeción de la estación de ensamble de turbinas son los mencionados a continuación:

1. Chumacera: Es un dispositivo de rodamientos adaptado a la mesa de trabajo, la cual permite el libre movimiento del dispositivo, facilitando al operario las operaciones de barrenado y remachado debido a la opción de manipular el dispositivo con una sola mano.
2. Perno de chumacera. Es utilizado para eliminar el libre movimiento del dispositivo, operación necesaria durante el montaje de las piezas de la turbina en el herramental para ser procesados. Esta herramienta se introduce en la chumacera bloqueando el giro de la misma.
3. Flecha del dispositivo. La flecha corresponde a un tornillo con una longitud de 90 cm y un diametro de 2.54 cm, capaz de sostener por completo los diferentes modelos de turbina que se ensamblan en la estación. La flecha esta unida a la chumacera, formando una pieza unica, la cual con apoyo de una tuerca del diametro corespondiente, realizan la función de sostener con precisión las piezas a ensamblar en el dispositivo.
4. Tuerca de flecha. Es la correspondiente a la operación de fijación de las piezas de la turbina. Trabaja en conjunto con la flecha del dispositivo y esta adaptada con pernos para facilitar la operación al trabajador. Corresponde a una tuerca de 1 pulgada de diametro con cuerda UNC.

5. Plantillas del dispositivo. Las plantillas son discos desmontables que se colocan fijamente en el dispositivo y sirven para montar las piezas en el en el herramental con ayuda de unos tornillos de 1/8 de pulgada, no dando opción al mismo de moverse durante el proceso. Se tienen diferentes tamaños de plantillas, dependiendo del modelo de turbina a producir.
6. Mariposas de plantilla. Se utilizan para fijar la pieza de la turbina a la plantilla, eliminando los movimientos hacia el frente o hacia atrás al momento del proceso de producción. Corresponden al diámetro de los tornillos de la plantilla y se depositan en los picos de pato de la estación de trabajo.
7. Tope de plantillas. Es un cilindro con un diámetro superior al de la flecha de dispositivo y una longitud de 8 cm, el cual se utiliza para calibrar la distancia correcta a la cual debe encontrarse la platilla.
8. Tuerca de plantilla. Se utiliza para fijar y desmontar la plantilla en el dispositivo. Corresponde a una tuerca de 1 pulgada de diámetro con cuerda UNC y para su colocación es necesaria la intervención de una llave española.
9. Estrella del dispositivo. La estrella es parte del ensamble del dispositivo. Es una herramienta formada a base de ocho barras de acero con barrenos, los cuales tienen una distancia entre si y cuerda. La función de los barrenos es la de introducir y atornillar unos pernos los cuales ayudan a la estrella a sostener fija y precisamente una de las piezas del ensamble de la turbina para su procesamiento.



Figura 4.- Dispositivo de montaje y sujeción de la estación de trabajo CRH

2.11.- Analisis de la estación de trabajo CRH

Para el cometido de analizar la estación de trabajo correspondiente al proyecto y la función específica y a detalle que realizan los dispositivos de montaje y sujeción en el proceso, se realizarán visitas de tipo industrial con el propósito de observar la operación y la estación de trabajo para determinar puntos clave y generar una propuesta de rediseño de los mismos. Se detectarán aspectos referentes a los dispositivos que imposibilitan realizar la tarea de una manera eficiente; así mismo, se observarán dos procesos donde intervienen directamente los dispositivos, detectando actividades donde puede aplicarse un plan de acción y el cual se tomará como base para generar una propuesta de rediseño.

El uso de los dispositivos comienza con la actividad de colocar las plantillas correspondientes a los modelos y tamaños de turbina a fabricar en la estación de trabajo. Esta actividad consiste en desmontar las utilizadas con anterioridad la y colocar las necesarias para la producción con el apoyo de herramientas y el factor humano. El proceso correspondiente se explica a detalle en los temas subsecuentes del proyecto, haciendo incapie en el presente apartado del análisis realizado en el proceso correspondiente.

Se detectarán ciertas actividades y propiedades de los dispositivos que pueden ser mejoradas o eliminadas, las cuales son contempladas en la investigación y mencionadas a continuación:

- El montaje y desmontaje del herramental del dispositivo se realiza de forma manual e individualmente por los operarios, levantando y trasladando las piezas a sus lugares correspondientes. El material con el que el dispositivo está fabricado es acero, por lo cual el peso de los herramientas es gradualmente elevado dependiendo del tamaño de las plantillas, aumentando la dificultad de maniobra a quien realiza la operación.
- La forma en la que una plantilla es fijadas al dispositivo es mediante una tuerca que se introduce en una flecha roscada con una longitud de 90 cm. Esta actividad se realiza de forma manual por un operario, apoyándose en una llave inglesa para finalizar la operación.

- Para agilizar la operación de fijación de una plantilla, los operarios sujetan la tuerca en la llave inglesa y giran, aprovechando el centro de gravedad y la fuerza que genera para que el tiempo de proceso sea menor. Debido al peso de la herramienta y la longitud de la flecha, se daña la perpendicular del dispositivo propiciando fallas de calidad en las turbinas ensambladas.
- La calibración y el ajuste de una plantilla se hace con la ayuda de un tope que se introduce en la flecha del dispositivo. Su función principal es la de evitar el contacto entre la chumacera y la plantilla para permitir el libre movimiento del dispositivo. En algunas ocasiones no se consigue por lo cual el operario coloca rondanas adaptadas que reducen el juego de la plantilla y permiten un giro uniforme del dispositivo.
- La plantilla es introducida en la flecha de forma manual por un operario. Debido a la longitud de la misma, es común que esta actividad no se realice en un solo movimiento y que el trabajador descanse el herramental en la flecha. Al ejecutar esta acción se produce un roce entre metales, dañando la cuerda del dispositivo y dificultando los cambios posteriores de las plantillas.

Una vez montado el herramental necesario para la el proceso y la correcta utilización de los dispositivos de la estación de trabajo, se procede a realizar la actividad de ensamble de las turbinas, que mediante el análisis realizado en las visitas al área de trabajo, se detectó que existen actividades que restan eficiencia al proceso. El flujo correspondiente se describe con detalle en los estudios de tiempo realizados como complemento de la investigación, enfocándonos en este apartado en las ineficiencias detectadas.

- La fijación de la base de la turbina a la plantilla se hace mediante mariposas de diámetro muy pequeño. Estas deben introducirse en un espacio donde la visión es reducida y atornillarse a manera de que la pieza quede fijada correctamente. En esta operación entra en juego la habilidad del operario ya que la complejidad es elevada así como la probabilidad de cometer errores. El trabajo se vuelve más complicado al ser 6 mariposas las que necesitan ser atornilladas.

- La estrella del dispositivo es un herramental que se utiliza para fijar una pieza de la turbina en el dispositivo y evitar el desplazamiento o desfase de la misma durante el proceso. El material de fabricación de la estrella es acero, razón por la que su peso es considerablemente elevado restando facilidad de maniobra al operario para su control.
- El ensamble de la pieza de la turbina con la estrella se realiza a nivel de piso ya que no existe un dispositivo que sostenga el herramental, y de esta manera el operario realice la operación sin la necesidad de flexionar su cuerpo.
- El montaje y desmontaje de la estrella en el dispositivo se realiza a partir de un movimiento del operario que va desde el nivel del piso a la altura del dispositivo y viceversa. Al efectuar las actividades descritas con anterioridad, se realiza un movimiento donde se genera fricción que daña la cuerda de la flecha del dispositivo.
- La fijación de la estrella con la chumacera para que las piezas de la turbina queden aseguradas y listas para los procesos correspondientes se efectúa mediante una tuerca, la cual tiene que recorrer la distancia correspondiente de la flecha. La duración de esta actividad depende del tamaño de la turbina a fabricar ya que la medida de la flecha es estándar para todos los modelos y tamaños de producto correspondiente a esa estación.

Las visitas de tipo industrial al área de trabajo, además de sustentar la investigación mediante las observaciones del funcionamiento de los dispositivos en la estación, se aprovecharon para conseguir las dimensiones de los mismos y los tamaños de los diferentes modelos de turbinas, ya que es necesario adaptar esas magnitudes a los nuevos diseños para que continúen con un correcto funcionamiento en el proceso de producción.

Como es mencionado con anterioridad, los puntos detectados son la base del presente proyecto y a partir de ellos se tomarán las decisiones de los aspectos a considerar para generar una propuesta de rediseño de los dispositivos.

2.11.1.- Material de apoyo visual.

Dentro de los alcances y objetivos particulares del presente esquema, se menciona la factibilidad de obtener material visual (fotografías, videos, etc.) como apoyo al proyecto en cuestiones de dudas, correcciones o como respaldo del analisis realizado a la estación de trabajo de ensamble de turbinas. La obtencion de dicho material fue autorizado por la empresa de manufactura de equipos de ventilación donde se realiza el analisis correspondiente con fines de uso particular para la presente investigación y es mostrado en forma de imágenes a continuación.



Fuente: Soler & Palau S.A de C.V

2.12.- Conclusiones del capítulo

Para lograr un buen funcionamiento de un sistema productivo, es necesaria la utilización de diversos artefactos de apoyo que sustenten la interacción humana con el entorno de trabajo. Podemos llamar a estos muebles, herramientas, máquinas o en el caso de la presente investigación dispositivos.

Un dispositivo debe ser diseñado e implementado con el objetivo de reducir la carga de trabajo a un operario y de esta manera aumentar la eficiencia de sus habilidades al realizar una actividad. Es necesario buscar la mejora de los procesos de producción por medio de nuevas ideas que aporten ventajas a las estaciones de trabajo. El hecho de que una actividad concrete de forma correcta no significa que sea la mejor manera de realizarla, por tal razón, generar propuestas de optimización con conceptos nuevos de trabajo o rediseño del equipo actualmente utilizado en el proceso, proporciona opciones de mejora en las áreas de trabajo.

Se ha detectado que la estación de trabajo de ensamble de turbinas CRH es un buen campo para el desarrollo de nuevas ideas que solucionen problemas referentes al funcionamiento de los dispositivos de montaje y sujeción utilizados en el proceso de fabricación de turbinas, realizando estudios pertinentes a la estación de trabajo en busca de la optimización del herramental.

Existen diversas áreas de acción dentro de las cuales se pueden brindar soluciones o ideas que agreguen valor a la estación de trabajo, considerando aspectos humanos y de herramientas, con las cuales puede ser posible el aumento de la productividad y eficiencia dentro de la estación de trabajo correspondiente.

La importancia del buen diseño de los dispositivos utilizados en el proceso de producción de una estación de trabajo, juega un papel importante en el buen desarrollo de una actividad productiva y su nivel de eficiencia, ya que pueden eliminarse movimientos y tiempos innecesarios en el proceso.

Por tal razón y con referencia a las descripciones previamente explicadas, se puede concluir que siempre que se encuentra un área de oportunidad de mejora relacionada con aspectos de la estación de trabajo y sus componentes, es válido proponer nuevas ideas de solución con el propósito de optimizar el proceso.

CAPÍTULO III

Manufactura esbelta en dispositivos de montaje y sujeción

El Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) es un modelo de organización y gestión del sistema de fabricación –personas, materiales, máquinas, herramientas y métodos- que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación del constante despilfarro en las estaciones de trabajo o líneas de producción.(Madariaga, F., 2013, pp. 09)

Con respecto a la anterior definición y persiguiendo los objetivos descritos previamente en el proyecto de investigación, el hecho de contemplar herramientas de manufactura esbelta en el rediseño de los dispositivos de montaje y sujeción de la estación de ensamble de turbinas, es para eliminar todas aquellas partes, movimientos o actividades requeridas para el funcionamiento de la herramienta que no agregan ningún valor al proceso.

De las herramientas de manufactura esbelta existentes, se contempla la utilización de aquellas que pueden ser útiles para la propuesta de rediseño, referente a la aplicabilidad de sus principios y conceptos, de las cuales se enfatizará con mayor profundidad en los sucesivos temas de este capítulo.

3.1.- Herramientas de Manufactura esbelta

La filosofía de la manufactura esbelta recae en la utilización de diversas herramientas útiles para eliminar todas aquellas operaciones de un proceso o actividad que no agregan valor alguno a un producto, servicio o herramental. Esta filosofía del trabajo nació en Japón y fue adaptada por primera vez en el sistema de producción de Toyota, donde los grandes pioneros de esta ideología del trabajo, desarrollaron diversas herramientas aplicables a un proceso de manufactura, pretendiendo la utilización de aquellas que

pueden aportar beneficios positivos a la propuesta de rediseño del citado proyecto de investigación.

En el presente capítulo no se mencionarán y explicarán todas aquellas herramientas pertenecientes a esta filosofía de cambio, solo aquellas de las cuales se pueden tomar conceptos y principios que pueden ser utilizados para el rediseño de los dispositivos, todo esto basado en las observaciones y necesidades detectadas con el estudio a la estación de trabajo correspondiente y la forma en la que el herramental es operado en el proceso de ensamble de turbinas.





Principios de las siguientes herramientas de la filosofía mencionada con anterioridad, serán contempladas para la elaboración del presente proyecto y de las cuales se abordará con mayor profundidad en los temas siguientes:


- 5's
- Poka Yoke
- SMED
- Ergonomía

3.2.- Filosofía 5's

La herramienta de las 5's, es un programa de trabajo que consiste en desarrollar actividades de orden y limpieza, lo cual apoya a la detección de anomalías en el puesto o estación de trabajo, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad e integridad del personal y como tal la productividad. (Sacristán, R., 2005)

El autor Sacristán menciona que las 5's son principios japoneses cuyos nombres comienzan con la letra "S", siguiendo la misma dirección en busca de conseguir una estación de trabajo limpia y ordenada. Se describe el significado de las 5 palabras y su función de forma resumida en la presente tabla, con el objetivo de facilitar el entendimiento del porque su integración en el rediseño de dispositivos pertinente.

| Denominación | | Concepto | Objetivo particular | Ilustración |
|---------------|---------------------|----------------------|--|---|
| Español | Japonés | | | |
| Clasificación | 整理, <i>Seiri</i> | Separar innecesarios | Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil |  |
| Orden | 整頓, <i>Seiton</i> | Situar necesarios | Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz |  |
| Limpieza | 清掃, <i>Seisō</i> | Suprimir suciedad | Mejorar el nivel de limpieza de los lugares |  |
| Normalización | 清潔, <i>Seiketsu</i> | Señalizar anomalías | Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden |  |

| | | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------|--|---|
| Mantener la disciplina | 躰, <i>Shitsuke</i> | Seguir mejorando | Fomentar los esfuerzos en este sentido |  |
|------------------------|-----------------------|------------------|--|---|

Fuente: Rey Sacristán, Francisco. (2005). 5's Orden y limpieza en el puesto de trabajo, (1ª edición). Madrid, España: FC Editorial. Imágenes: Ingeniería Industrial. (2003) Las 5's. [En red]. Consultado el 29 de Abril de 2014, disponible en: <http://ingenieriaindustrial1.wordpress.com/5s/>

3.2.1.- Beneficios de las 5's

La implementación de la filosofía 5's en alguna de las áreas correspondientes de una empresa, es importante en diferentes sentidos ya que permite la eliminación de despilfarros en los puestos de trabajo y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial beneficiando así a la empresa y los empleados. Con base en los conceptos presentados por el autor Sacristán se resumió que algunos de los beneficios que genera la estrategia 5's en una estación de trabajo son los siguientes:

- Mayores niveles de seguridad que brindan una mayor motivación en los empleados
- Mayor calidad
- Disminución de tiempos de respuesta y operaciones
- Aumentan la vida útil de la maquinaria, equipo y herramental
- Generan cultura organizacional
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos

(Sacristán, R., 2005)

3.2.2.- Alcance y aplicación de la filosofía 5's en la propuesta de rediseño

En un proceso de producción, puede ser que las cosas se realicen más o menos bien desde hace mucho tiempo, sin importar la corrección de las mismas o la percepción de que algo está mal debido a la ceguera de taller. Estas costumbres con el paso del tiempo se convertirán en malos hábitos que pueden afectar la eficiencia del proceso o en el peor de los casos la integridad de los operadores.

Antes de realizar un estudio o análisis a una estación de trabajo con el objetivo de implementar herramientas de manufactura esbelta, es necesario que todo se encuentre limpio y en orden, de esta manera se pueden detectar las anomalías pertenecientes al puesto o proceso de una manera óptima.

Como primer punto, el hecho de contemplar esta herramienta en el presente proyecto es para facilitar el análisis que se realizará a la estación de ensamble de turbinas para conocer el proceso y el funcionamiento de los dispositivos de montaje y sujeción, que aunque no se busca la implementación total de la filosofía en el puesto, sus conceptos son útiles para facilitar la primera parte del estudio de campo de la investigación.

En una organización, cuando se tiene una opción de cambio con la cual se determina existirán mejoras de cualquier tipo, siempre existirá una resistencia de parte del personal por no querer dejar atrás los hábitos que han adquirido en el trabajo. En el caso de la empresa de equipos de ventilación donde se realiza la investigación, comenzar a introducir principios de 5's en la estación de ensamble correspondiente será benefactor como organización ya que los trabajadores empezarán a involucrarse de una manera directa con la filosofía, propiciando la búsqueda de la mejora continua mediante futuros proyectos para implementar 5's.

3.3.- SMED

La herramienta de manufactura SMED (Single Minute Exchange of Die), fue desarrollada por Shingeo Shingo en los años 60's para el Sistema de producción de Toyota, partiendo de ideas de la filosofía JIT (Just in Time). Es un concepto que se enfoca en el cambio rápido de herramientas en una estación o puesto de trabajo para agilizar la producción y mejorar los estándares de eficiencia. En la práctica atiende a una sistemática que permite

ahorrar tiempo en los cambios de máquinas o herramientas. (Del Vigo, I., Villanueva, J., 2009, en red)

Con la aplicación de sus conceptos fue posible reducir el tiempo de cambio necesario para preparar las herramientas que afectan la sucesión de los procesos de producción, disminuir a su mínima expresión los niveles de inventario, volviendo más flexibles las operaciones, reduciendo enormemente los costes e incrementando los niveles de productividad. El tipo de cambio es considerado como el intervalo de tiempo correspondiente al conjunto de operaciones que se desarrollan por los trabajadores desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar la unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad.

Al referir a tiempos de preparación, no solo debe considerarse el efecto que influye en los costos vinculados a dichas tareas, tiempos muertos de producción, tamaño de los lotes, excesos de inventarios de productos en proceso y terminados, los plazos de entrega y el tiempo de ciclo, si no también aumentar la calidad de las operaciones y mejorar la utilización de la capacidad productiva. Es aquí cuando SMED juega un papel muy importante en la producción, ya que permite hacer ajustes y cambios de herramientas en tiempos relativamente bajos partiendo de la flexibilidad asignada a la operación y aumentando la capacidad del sistema de manufactura. (Shingo, S., 1990)

3.3.1.- Beneficios de SMED

Shingeo Shingo definió ciertos conceptos que aportan valor a los sistemas de producción y estaciones de trabajo donde se implementa la filosofía SMED. El presente listado enuncia de una manera breve y concisa los beneficios que dicha filosofía aporta:

- Reducción del tiempo invertido en el cambio de herramental
- Reducción de los lotes de producción
- Aumento de la flexibilidad para producir diversos productos
- Arranque de procesos de forma acertada al primer intento
- Reducción de desperdicios
- Aumento en la confiabilidad en los cambios de herramental
- Aumento de la productividad

- Disminución de errores en los procesos de preparación, ejecución y ajuste durante el cambio de herramental
- Reducción de los defectos causados por los arranques de proceso
- Reducción de inventarios en proceso y producto terminado
- Reducción de los tiempos de entrega

3.3.2.- Alcance y aplicación de la filosofía SMED en la propuesta de rediseño

La actividad de cambio de herramental del dispositivo de montaje y sujeción en la estación de ensamble de turbinas es un punto clave que se necesita tratar en el proyecto para obtener mejores resultados, por tal razón se analizó la herramienta SMED y se determinó que su filosofía es útil para solucionar aspectos relacionados con el tiempo que se involucra para realizar el cambio de las plantillas del dispositivo correspondientes.

Como propuesta de solución a los problemas relacionados con el tiempo de cambio, se planteó la idea de separar el dispositivo en tres piezas (macho, hembra y plantilla), con el fin de agilizar el proceso y eliminar los topes y rondanas utilizados para calibrar el dispositivo antes de su aplicación. Al tener el dispositivo en módulos diferentes e intercambiables es posible reducir el tiempo de proceso que se requiere para suplir las plantillas con el método actual, ya que se elimina el proceso de calibración y el de fijar la plantilla a la chumacera mediante el giro continuo de la tuerca en la flecha y el complemento de la actividad con la llave inglesa.

De esta manera se plantea la idea de diseñar tres herramientas del dispositivo los cuales estarán ensamblados entre sí de la siguiente manera:

- El dispositivo macho unido a la chumacera en la mesa de trabajo.
- La plantilla (dependiendo el modelo y tamaño de turbina), se montará al dispositivo macho
- El dispositivo hembra (dependiendo el modelo y tamaño de turbina), será la parte final del ensamble y fijará los demás componentes.

Los dispositivos hembra y plantilla se diseñarán con base a una agrupación de modelos y tamaños de turbinas, planteando diseños de herramental diferentes en características dependiendo las propiedades de los equipos a fabricar.

3.4.- Sistemas Poka Yoke

Poka Yoke es una herramienta de Manufactura esbelta procedente de Japón, creada y formalizada por el gurú de la Ingeniería Industrial Shingeo Shingo como parte fundamental de Cero Control de Calidad. Este sistema es un enfoque que utiliza el concepto “A prueba de errores” y es posible plasmarlo en dispositivos mecánicos que son incluidos en el proceso productivo de una empresa para evitar cometer de errores. (Shingo, S., 1986)

Refiriendo al concepto anterior “A prueba de errores”, es un enfoque de control de calidad que busca eliminar la posibilidad de que se cometan equivocaciones de tipo humano. En el caso de la presente investigación, aquellos correspondientes a un proceso productivo y todas las actividades que intervienen en el mismo.

Shingeo Shingo, menciona que para lograr aplicar el concepto en una operación, es necesario considerar a nivel de diseño del producto, proceso y estación de trabajo (maquinaria, equipo y herramental) los siguientes aspectos:

- Hacer más difíciles las actividades o acciones en las cuales exista mayor probabilidad de cometer errores.
- Hacer posible que las acciones erróneas sean revertidas (corregidas)
- Evitar las acciones que no puedan ser corregidas o hacerlas imposibles
- Hacer más difícil la detención de errores
- Convertir las acciones erróneas en acertadas

(Shingo, S., 1986)

3.4.1.- Beneficios del Poka Yoke

El implementar conceptos de Poka Yoke en una operación, máquina o herramental, imposibilita de algún modo el error humano, generando beneficios para la estación de trabajo y la operación correspondiente en general. De una manera resumida y con base en los conceptos del autor Shingo, se muestra el siguiente listado de beneficios que ofrecen los sistemas Poka Yoke

- Reducción del desperdicio al evitar errores en el proceso
- Operación continua de las actividades

- Refuerzo de procedimientos operacionales o secuenciales
 - Aseguramiento de la calidad
 - Elimina las decisiones que llevan a las acciones incorrectas
 - Disminución de retrabajos
 - Satisfacción del cliente
 - Sistemas económicos
 - Simples y fáciles de implementar en alguna operación, máquina o herramienta
 - Diseñados con el fin de que todos los empleados sean aptos para su utilización
- (Shingo, S., 1986)

3.4.2.- Alcance y aplicación de la filosofía Poka Yoke en la propuesta de rediseño

Para evitar fallas, errores y agilizar el cambio de herramientas, se considera la aplicación de la filosofía Poka Yoke en el rediseño de los actuales dispositivos de la estación de trabajo de ensamble de turbinas.

Emplear principios de SMED en los dispositivos, tiene como objetivo reducir el tiempo que toma la actividad de cambiar las plantillas correspondientes. Si se utiliza SMED en conjunto con Poka Yoke, se pueden adquirir mayores beneficios en la propuesta ya que la actividad de ajustar el dispositivo quedaría reducida a un solo movimiento con apoyo de principios de esta herramienta de manufactura esbelta, evitando también errores de calibración, fijación y calidad de las turbinas al momento de ser ensambladas.

La forma en la que esta herramienta será utilizada en la propuesta de rediseño consiste en agregar un anexo con cierta geometría al dispositivo macho, colocar un orificio con la misma forma asignada que atraviese las plantillas para que de esta forma puedan ser insertadas en el dispositivo sin la necesidad de que el operario requiera apoyo de algún otro y como punto final dar la misma forma a la boquilla del dispositivo hembra, para poder así completar el ensamble de las tres piezas concernientes, sin el requisito de

realizar ajustes de montaje, acelerando así el proceso de cambio de herramental al suprimir movimientos y operaciones innecesarios.

3.5.- Ergonomía

Para satisfacer sus necesidades fisiológicas, el hombre inventó soluciones que en el largo proceso de prueba y error se fueron perfeccionando. El avance tecnológico hizo obligatorio el desarrollo de un método que sustituyera el antiguo proceso y que resolviera de manera satisfactoria los problemas crecientes de una sociedad evolutiva, dando origen al diseño industrial. El hombre diseña y fabrica artefactos que van a magnificar sus facultades y así, sobrepasar sus propias limitaciones para solucionar sus necesidades y buscar la satisfacción personal.

La ergonomía es una herramienta que estudia los factores que intervienen en la interrelación hombre-máquina, afectados por el entorno. El conjunto se complementa recíprocamente para conseguir el mejor rendimiento; el hombre piensa y acciona, mientras que el objeto se acopla a las cualidades del hombre, tanto en el manejo como en el aspecto y comunicación. El objetivo de la ergonomía es dar las pautas que servirán al diseñador para optimizar el trabajo a ejecutar por el conjunto conformado por el operario-artefacto. En tanto que la máquina o artefacto tenga elementos de operación acordes con las cualidades del usuario, así mismo el operario tendrá facilidad de manejo y su rendimiento se optimizará. (Cruz, J; Garnica, A., 2001, pp. 21-22)

Es necesario contemplar como herramienta básica de estudio a la ergonomía en un proyecto de diseño o rediseño de una estación de trabajo o artefactos que integran el puesto, de esta manera se pueden determinar los factores de influencia y marco de limitantes, cuyos resultados se convierten en los requerimientos y parámetros para el planteamiento de una adecuada propuesta.

3.5.1.- Beneficios que aporta la Ergonomía

El objetivo principal de la ergonomía es promover la eficacia funcional de los procesos productivos, al mismo tiempo que mantiene o mejora el bienestar de los operadores, prácticamente es la relación que existe entre el hombre y sus condiciones de trabajo. Por

tal razón los beneficios aunque esencialmente son para el trabajador, revierten en la empresa no solo por los costos asociados sino por el aumento en la productividad que implica los siguientes puntos:

- Disminución de costos médicos asociados
 - Reducción de días perdidos o no laborados
 - Disminución de gastos médicos directos

- Beneficios para la persona
 - Eliminación de suceso o situaciones ergonómicas que generan estrés, lo cual genera una mejora en la calidad de vida de las personas
 - Ambiente laboral mejorado

- Incremento de la productividad y de la calidad
 - El operador tiene más control del proceso
 - El operador se mantiene enfocado en el trabajo
 - Aumento de los estándares de eficiencia y productividad tanto de la estación de trabajo como de los operadores

3.5.2.- Alcance y aplicación de principios de Ergonomía

Como se explicó con anterioridad, la ergonomía es una ciencia que se encarga del diseño de los lugares de trabajo contemplando el factor humano para que las características de las herramientas y la estación como tal coincidan con la de los operarios. De esta manera se pueden evitar incidentes a largo o corto plazo en el trabajo relacionados con la mano de obra.

Al realizar el análisis correspondiente a la estación de ensamble de turbinas, se detectaron ciertos aspectos, los cuales fueron mencionados con anterioridad en los temas precedentes de este proyecto, que pueden ser mejorados para así brindar al operario mayor control de los dispositivos y cuidar su integridad física como tal. La forma en la que se busca atacar los mismos es la siguiente:

- Cambiar el material de fabricación de los dispositivos. Actualmente son de acero, por lo cual su peso es elevado y reduce la capacidad de maniobra de los operarios. Como propuesta se tiene que el material puede ser sustituido por un plástico de ingeniería que ofrece ventajas frente al acero y la funcionalidad de los dispositivos debido a que no es un proceso que requiera de una resistencia especial para su funcionamiento. El material contemplado es denominado Nylamid y ofrece una reducción en el peso de 2 a 8 veces frente al acero dependiendo el tipo de plástico utilizado.
- Diseño o implementación de una base para montaje de piezas de la turbina en la estrella del dispositivo. El proceso mencionado se ejecuta de forma manual, realizando el ensamble a nivel de piso mediante una inclinación del operario, actividad ejecutada cada vez que se procesa una turbina, propiciando lesiones futuras de cadera y espalda a los trabajadores. El hecho de diseñar o implementar una base es con el objetivo de eliminar el movimiento de flexión que realiza el trabajador y que de esta manera pueda realizar el procedimiento desde una altura óptima.
- Disminución del número de picos de la estrella del dispositivo. Esta parte del dispositivo desempeña una función trascendental en el proceso de ensamble de turbinas. En ella se sujeta el oído de la turbina para ser montado en el dispositivo y fijado para los procesos de barrenado y remachado. El diseño actual tiene ocho picos, que sirven para contener los pernos que determinan el tamaño del oído a procesar dependiendo del modelo de turbina a fabricar. Se busca reducir este número de picos a cinco, restando peso al dispositivo y cumpliendo con la misma función.

La parte fundamental que se busca solucionar con la aplicación de principios de ergonomía en la propuesta de rediseño, es mejorar la parte donde interviene directamente la integridad física de los operarios para evitar cualquier tipo de lesiones e inconvenientes que puedan afectar la eficiencia del proceso y de los dispositivos como tal.

3.6.- Propuesta de Rediseño

Realizado el análisis correspondiente y detectada la base para la generación de ideas que soporten el rediseño de los dispositivos de la estación de ensamble de turbinas, se persigue el objetivo de plasmar todas las modificaciones que resulten del avance de este proyecto para desarrollar la citada propuesta.

La propuesta de rediseño consiste en la elaboración de bocetos de diseño y planos técnicos que muestran las modificaciones realizadas a los dispositivos de ensamble correspondiente de una forma visual, aplicando las herramientas de manufactura esbelta mencionadas en los anteriores capítulos de esta investigación.

El objetivo de generar una propuesta de rediseño es para proporcionar un concepto diferente de la forma en la que actualmente operan los dispositivos en la estación de ensamble de turbinas, de esta manera se pueden comparar ambos procesos para saber si existen ventajas o desventajas en ambos métodos.

3.6.1.- Generación de bocetos de diseño

La función de realizar bocetos de diseño de las modificaciones aplicadas a los dispositivos de montaje y sujeción es para plasmar de una forma visual todas aquellas ideas que se desean anexar al proyecto, sin preocupación en los detalles o terminaciones, ya que como tal es el primer apunte del objeto ideado que aún no se encuentra totalmente definido. Como resultado se obtuvieron dibujos en papel que para el cometido del desarrollo del proyecto, fueron mudaron a un software de diseño (CAD) para mostrarlos en forma digital y continuar con las actividades. Estos bocetos integran las soluciones propuestas para los puntos de ineficiencia detectados al realizar el análisis de la estación de trabajo, complementadas con la aplicación de las herramientas de mejora continua mencionadas con anterioridad para el planteamiento del rediseño de los dispositivos de montaje y sujeción.

Para efectos de este proyecto, fue utilizado el software CATIA v5 R19, debido a las ventajas que el programa presenta, la fácil interfaz que maneja y el conocimiento del programa por parte del analista. Como resultado se generaron bocetos, de los cuales se muestra solo una minoría por cuestiones prácticas y los cuales apoyan la parte de

documentación y material visual de la investigación; estos son mostrados en forma de imágenes a continuación:

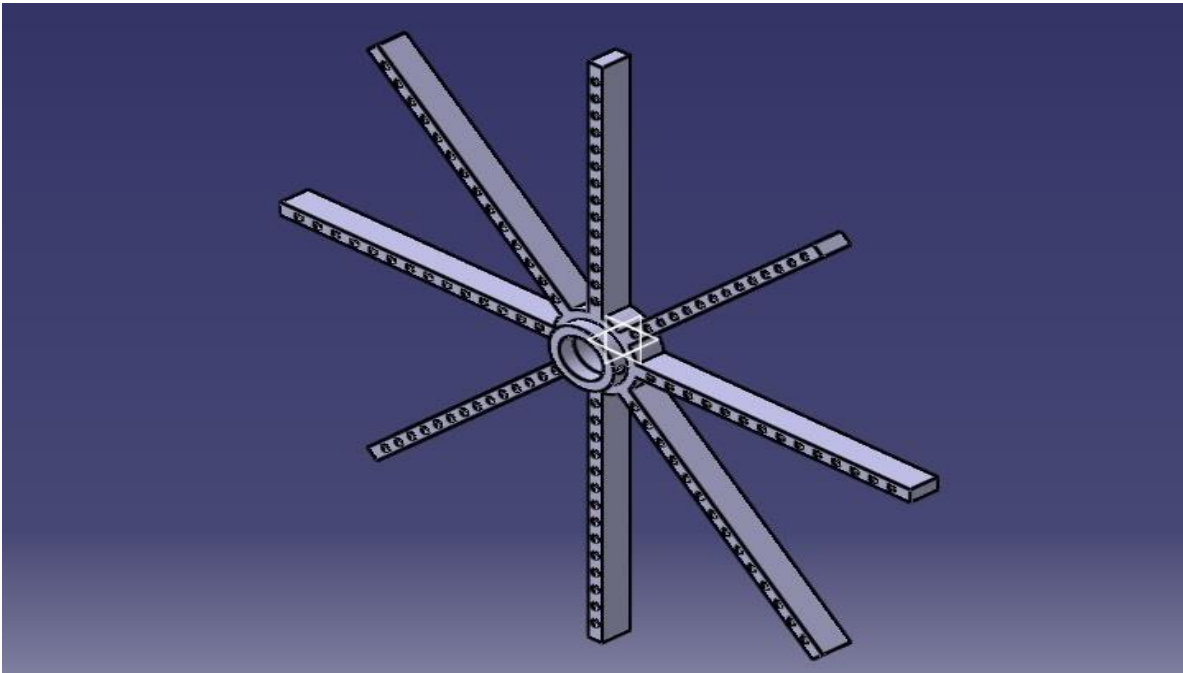


Figura 5.- Dispositivo estrella (boceto inicial)

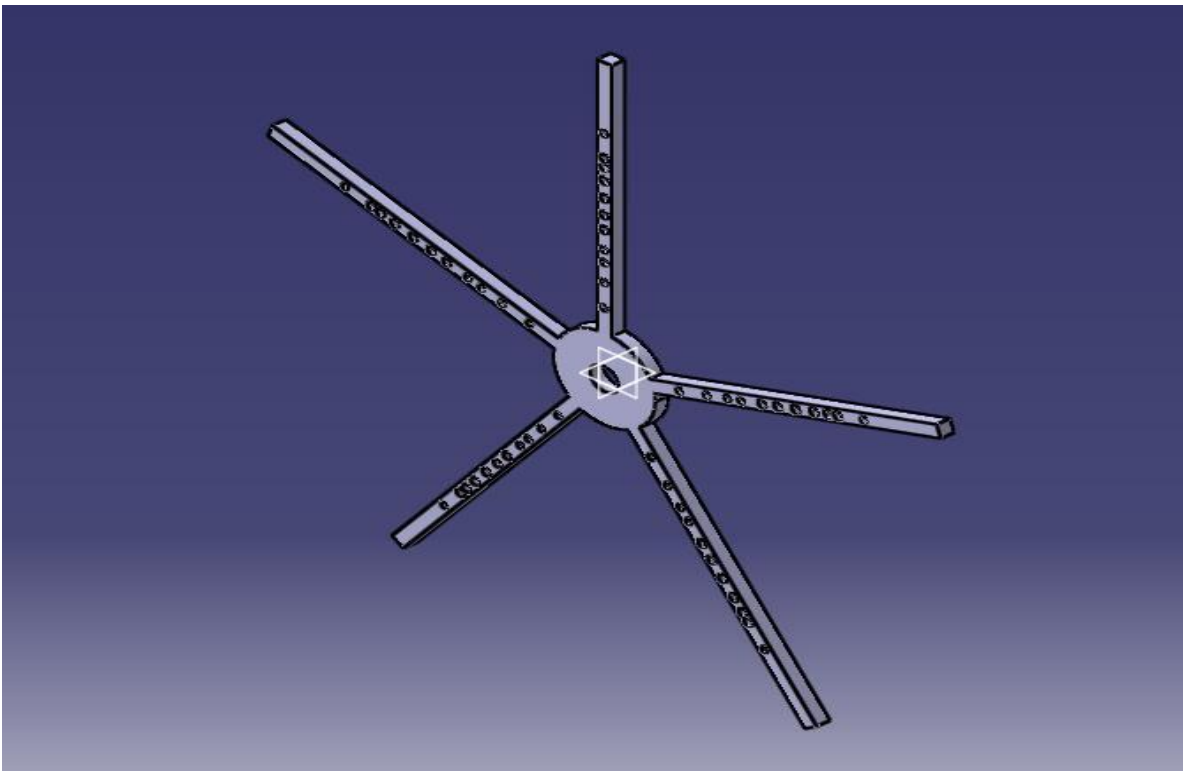


Figura 6.- Dispositivo estrella (boceto final)

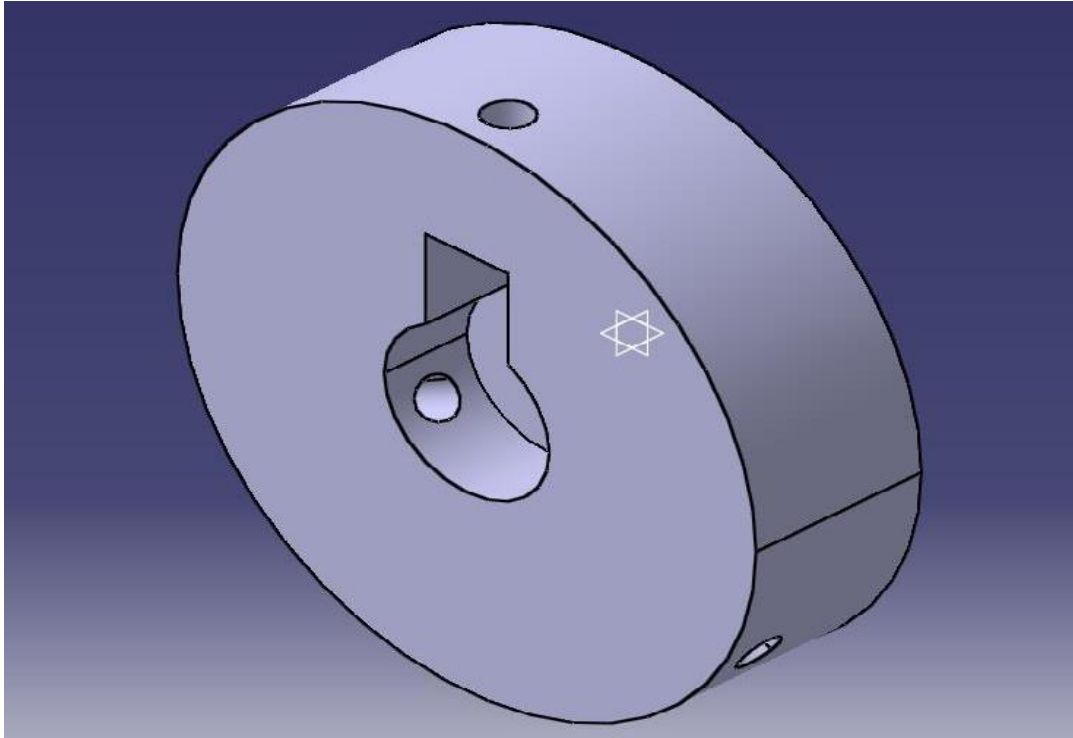


Figura 7.- Dispositivo hembra (boceto inicial)

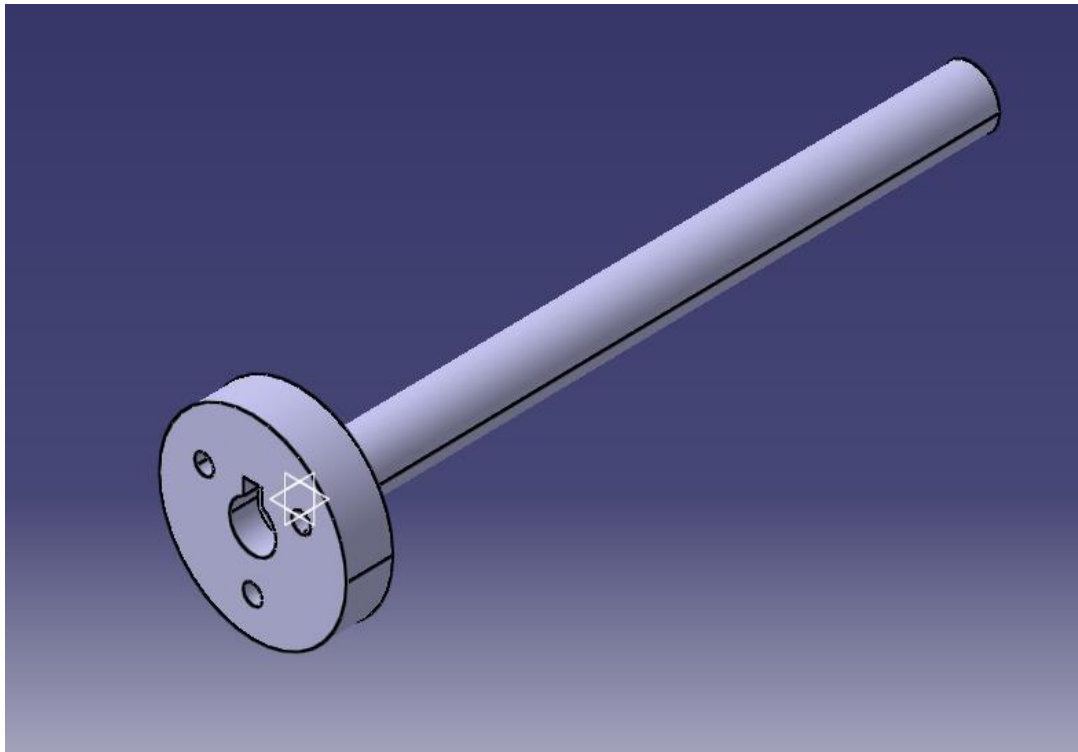


Figura 8.- Dispositivo hembra (boceto final)

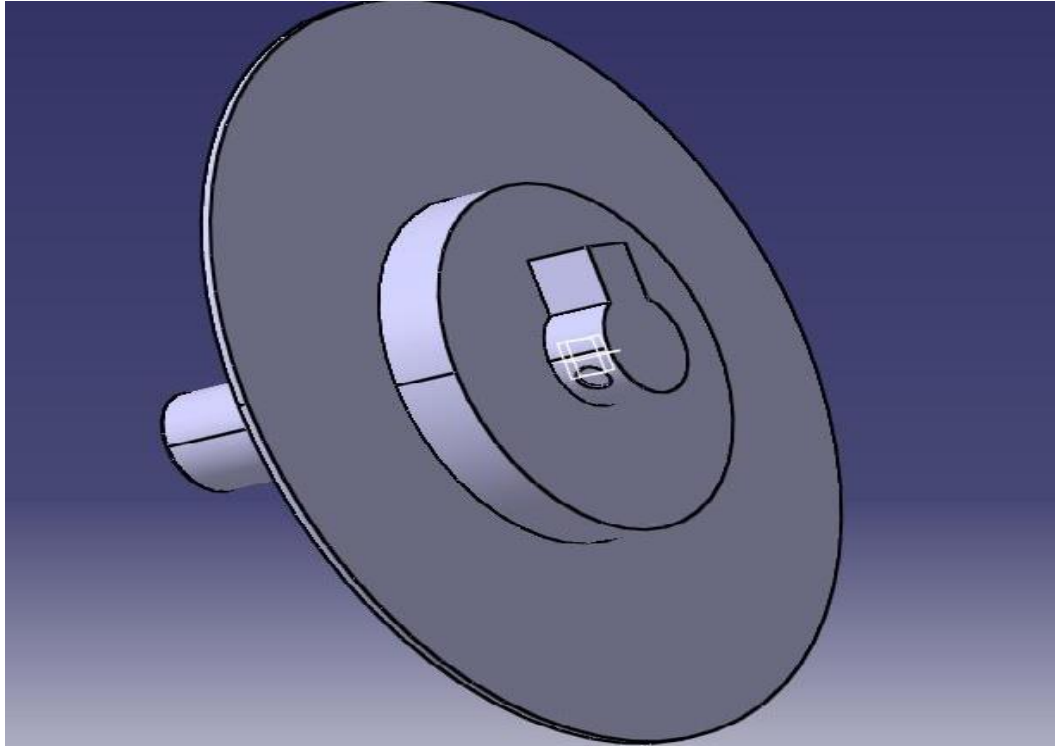


Figura 9.- Dispositivo macho y plantilla disco (boceto inicial)

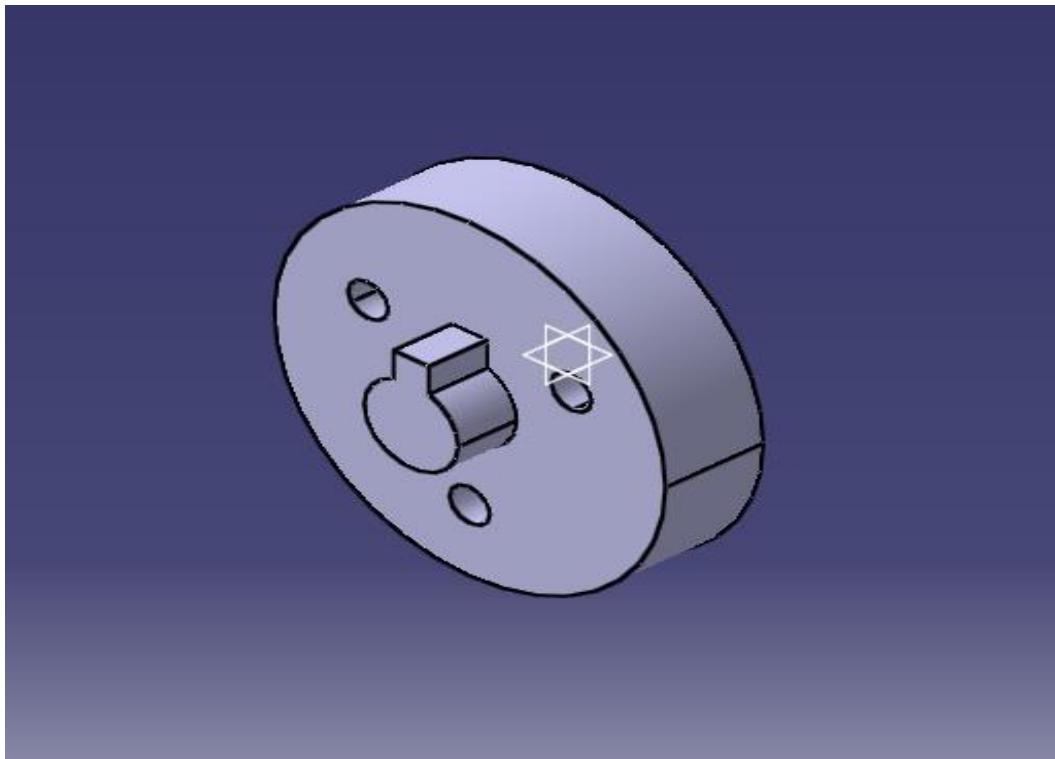


Figura 10.- Dispositivo macho (boceto final)

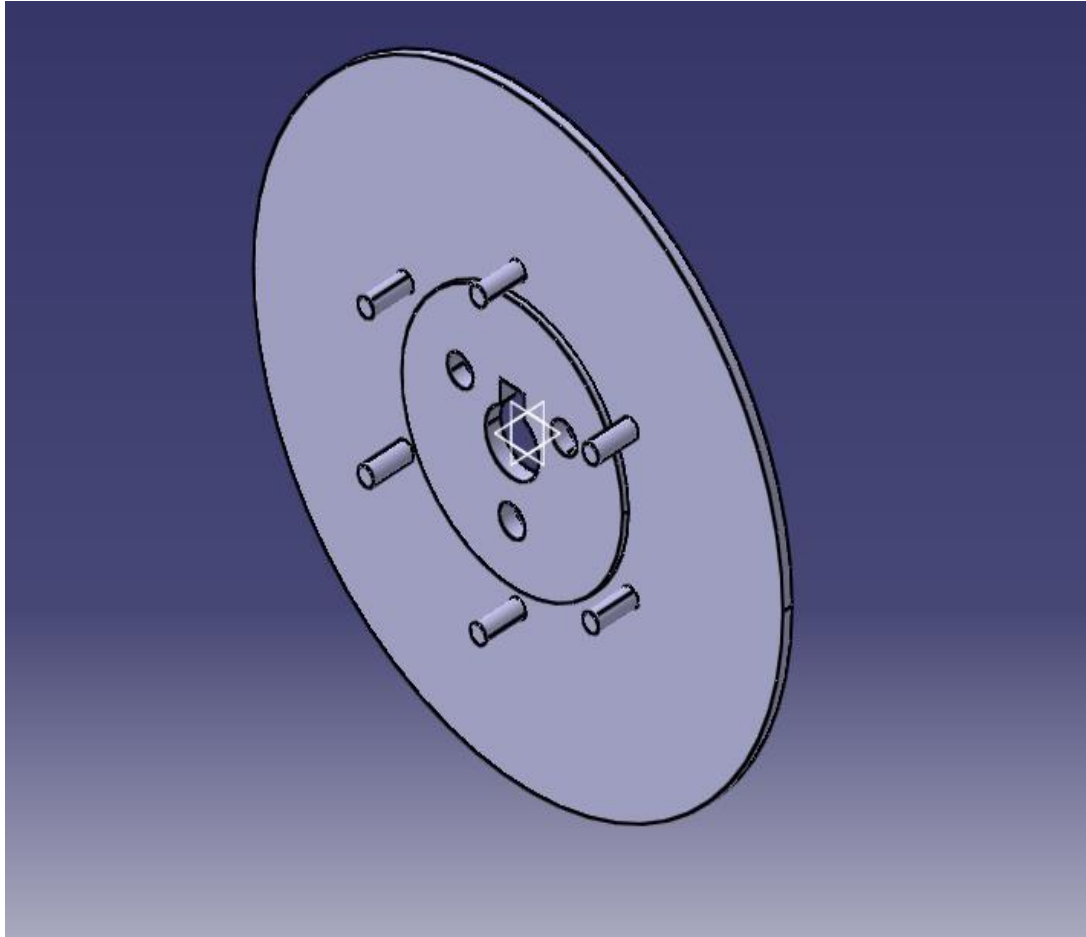


Figura 11.- Dispositivo plantilla disco (boceto final)

3.6.2.- Pruebas de ensamble de rediseño de dispositivos

El software CATIA V5 R19 presenta un módulo de ingeniería en donde se pueden realizar pruebas de ensamble a las piezas que fueron anteriormente creadas como bocetos de diseño, de esta manera se puede comprobar si las tolerancias y el juego mecánico asignado son los correspondientes para evitar fallas al momento de montaje y sujeción de los dispositivos o piezas que integran la turbina. En caso de requerir modificaciones en cuestiones de dimensiones o propiedades de los diseños, se pueden realizar ajustes con anterioridad para no proceder con errores en el proyecto. El boceto del ensamble propuesto se muestra en la sección de anexos de la presente investigación.

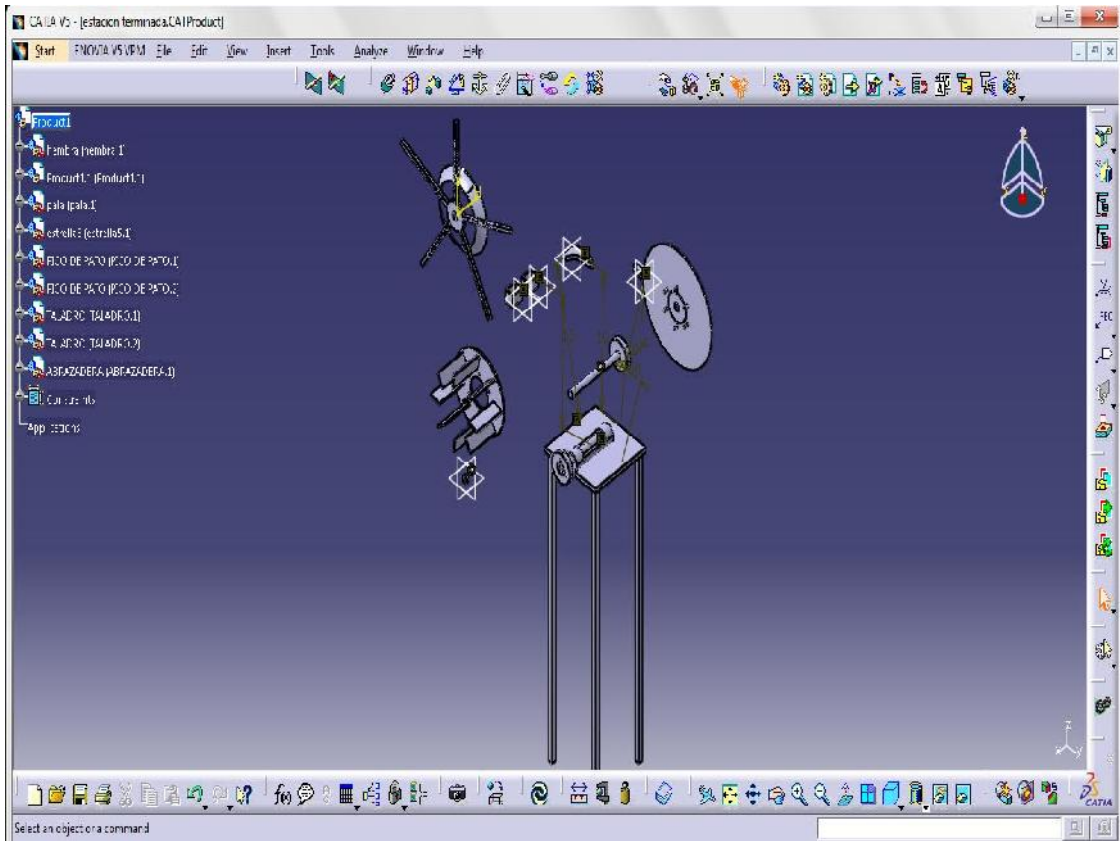


Figura 12.- Explosión de materiales integrantes del dispositivo

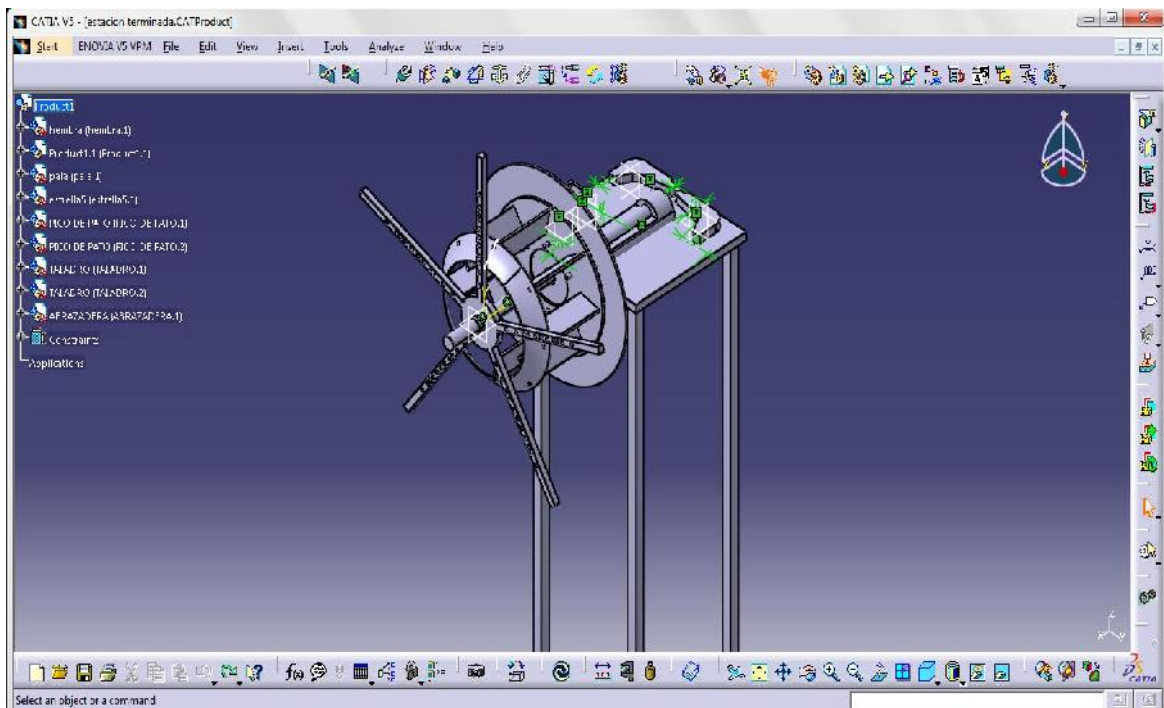


Figura 13.- Ensamble del dispositivo (método propuesto)

3.6.3.- Planos técnicos del rediseño de dispositivos

Definidos los bocetos correspondientes al rediseño de los dispositivos de montaje y sujeción y realizada la prueba de ensamble de las piezas que lo integran, es necesario proceder a la elaboración de planos técnicos con las especificaciones propias de magnitudes, formas y detalles. Los planos técnicos corresponden a una parte importante del proyecto ya que son la forma en la que se pueden presentar las nuevas propuestas, anexos y modificaciones realizadas a los actuales dispositivos de montaje y fijación de forma bidimensional con todas las características que le competen.

Los planos técnicos integran la visualización del dispositivo macho, los dispositivos hembra y plantillas, ya que se agruparon diseños dependiendo el modelo y tamaño de la turbina a fabricar, y la estrella del dispositivo con sus modificaciones correspondientes. La estructura de los planos presenta vistas laterales, frontales, traseras e isométricas para que pueda visualizarse las modificaciones realizadas y así formar una propuesta de rediseño.

El material obtenido como resultado de la presente investigación es mostrado en la sección de anexos, agrupado por tipo de dispositivo y el modelo de turbina que puede ser ensamblado con su utilización.

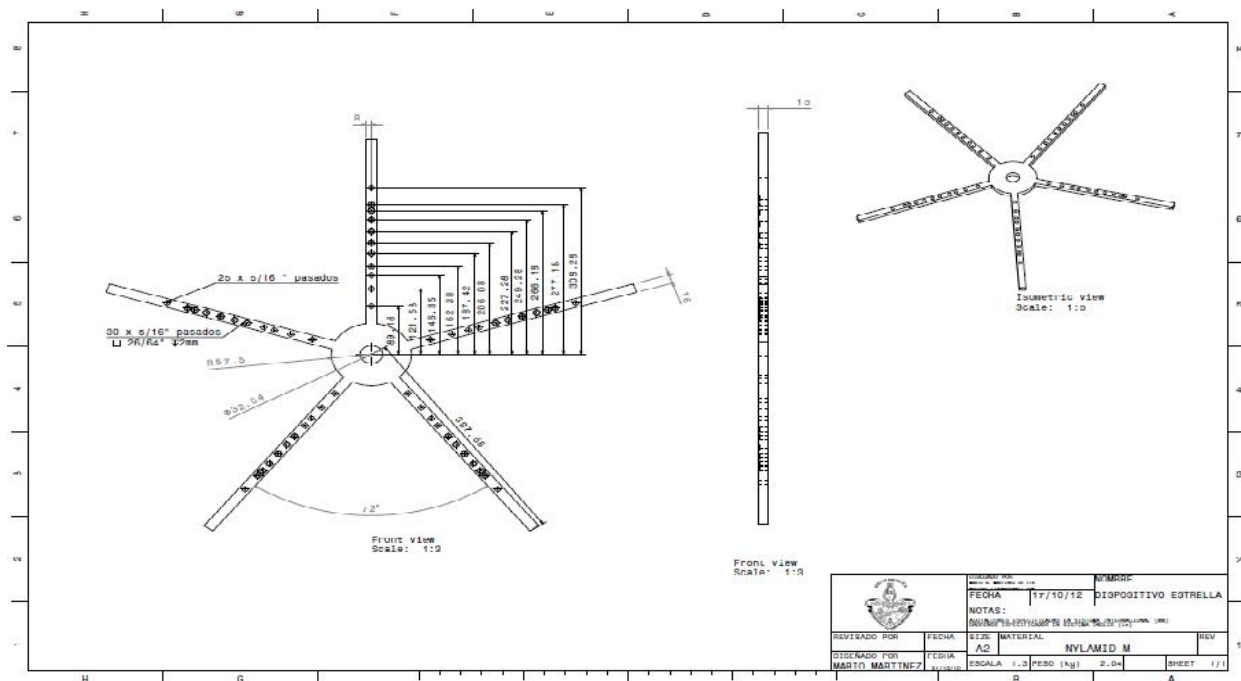


Figura 16.-Dispositivo Estrella (Ejemplo de plano Técnico de rediseño)

3.6.4.- Uso de herramientas prediseñadas

Como complemento y correcto funcionamiento de la propuesta de rediseño, está considerada la utilización de diversas herramientas de tipo común y que pueden encontrarse con facilidad en el mercado. Con apoyo de estas, será posible el correcto funcionamiento de los dispositivos propuestos.

Se incluye el uso de herramientas para 3 procesos diferentes en los cuales interviene el dispositivo de montaje y sujeción propuesto:

- Fijación de la estrella en el dispositivo para proceder al ensamble de los componentes mediante el barrenado y remachado de ambos.
- Sujeción de la base de la turbina al dispositivo para proceder al ensamble con los diferentes componentes de la misma
- Colocación de la estrella a una altura óptima para el operario como aspecto ergonómico

3.6.5.- Sujeción del dispositivo estrella

Como se ha mencionado con anterioridad, la estrella es un herramental del dispositivo que sirve para sujetar el oído de la turbina y de esta manera poder fijarlo en el dispositivo y así realizar su proceso de manufactura correspondiente en la estación de trabajo. En el dispositivo utilizado actualmente, el mecanismo se basa en una flecha cordada y una tuerca con las que se fija el herramental y componentes previos al ensamble. Esta actividad aumenta mucho tiempo al proceso por lo cual se busca suprimirlo.

En la propuesta de rediseño, la estrella funciona de una manera idéntica a la utilizada actualmente en el proceso, con la diferencia de que se suprime el proceso de atornillado de la tuerca por un sistemas más eficaz que reste tiempo a la operación.

Se ha contemplado la utilización de garras de sujeción, que en conjunto con la estrella fijaran el dispositivo. Para reducir el tiempo de operación, es necesario unir esta herramienta a la estrella y que el montaje de ambos sea con un solo movimiento.

Una de las ventajas que esta herramienta presenta ante algunas otras es que puede ajustarse a cualquier diámetro que se encuentre por debajo del de la herramienta y existe un sinfín de modelos de esta. A continuación se presentan algunos modelos propuestos para el cometido de dicha actividad.



Fuente: <http://www.powerlight.es/160-garras-de-sujecion>

3.6.6.- Sujeción de base de turbina

La base de la turbina es un componente prioritario en el ensamble de turbinas, por lo que su firme sujeción y correcto montaje en el dispositivo es importante tanto para una operación correcta, como para la calidad del producto final.

La forma actual en la que se realiza la operación es mediante el uso de pequeñas mariposas (tornillos) que en conjunto con tornillos fijan la base de la turbina con la plantilla del dispositivo, esto elimina tanto movimientos laterales como frontales. El problema de utilizar este tipo de herramientas en el proceso radica en la dificultad para que puedan ser atornilladas y el tiempo necesario para realizar la actividad, por lo que se busca cambiar el tipo de herramienta en la propuesta de rediseño de dichos dispositivos.

El rediseño de las plantillas incluye unos pernos que se encuentran localizados exactamente a la misma distancia de los barrenos de la base de la turbina y tienen un diámetro superior a los mismos para ser insertados sin dificultad, eliminando de esta manera los movimientos laterales que pudieran originarse durante el proceso. Para suprimir los movimientos frontales y lograr una sujeción correcta del herramental, se considera la utilización de pequeñas pinzas que ofrecen ventajas referentes a las herramientas actualmente usadas en el proceso. En las imágenes subsecuentes se muestran unos ejemplos de las seleccionadas con motivo de la propuesta de rediseño.



Fuente: <http://www.jugarijugar.com/es/herramientas/154-pinzas-de-sujecion.html>

3.6.7.- Base para el dispositivo estrella

Como se menciono con anterioridad, el aspecto ergonomico es de suma importancia en una estación de trabajo, asi como todo el herramental y equipo utilizado en ella, motivo por el que se ha decidido incluir en la propuesta de rediseño una base que soporte el dispositivo estrella y asi suprimir la actividad de flexión del operario al colocar y recoger el herramental del piso, acción que a futuro puede provocar lesiones en los operadores.

Se busca que esta base se encuentre una altura optima para cualquier operario, que pueda ser colocada en un lugar que no cause problema alguno al operario en el cometido de realizar su actividad y que sea simple para no provocar confisión en los operarios.

Para esta actividad, se propone la utilización de un soporte para pantallas, que se ajusta de una manera correcta el dispositivo y que cumple con los requerimientos anteriormente mencionados. La ventaja que estos soportes ofrecen es que puede ser colocado y fijado en cualquier esquina de la mesa de trabajo, son de facil manejo y son retraibles, por lo cual no obstruyen al operario durante sus actividades. En las siguientes imágenes se muestran unos ejemplos de los seleccionados para dicha propuesta de rediseño.



Fuente: <http://shop.master.com.mx>

3.7.- Conclusión del capítulo

Manufactura esbelta son varias herramientas con las cuales se busca eliminar todas aquellas operaciones que no le brindan un valor al producto o proceso de manufactura, agregando merito a cada actividad realizada y suprimiendo todo lo que no se requiere.

El objetivo de incluir herramientas de manufactura esbelta como soporte a la propuesta de rediseño de dispositivos de montaje y sujeción de la presente investigación, es para incrementar el nivel de eficiencia y productividad del herramental instalado, beneficiando a todas las partes que intervienen en su utilización.

Existen ciertos aspectos que restan funcionalidad a los dispositivos, descritos con anterioridad, y con base en los cuales se determinó que pueden solucionarse mediante la aplicación de una selección de herramientas de mejora continua que debido a su filosofía, soportan el rediseño y las opciones de mejora que se contemplan en el proyecto.

Se seleccionaron aquellas herramientas de las cuales se pueden tomar conceptos aplicados a un rediseño de dispositivos, implementando una filosofía de mejora continua en la estación de trabajo. El hecho de que una actividad se realice de manera correcta, no significa que sea la óptimo para realizarla, toda actividad es susceptible al cambio y mejora, lo cual es posible conseguir con las herramientas de manufactura esbelta.

De igual manera, se determinó que existe un gran campo de acción para realizar actividades de mejora en la estación de trabajo, así como a la línea de producción concerniente, abriendo las puertas a futuros proyectos y a la presentación de nuevas ideas con el objetivo de buscar la mejora continua en el proceso de ensamble de turbinas, dando hincapié a futuros analistas para dar seguimiento a dicha investigación solucionando problemas ergonómicos, de diseño, entre algunos otros.

CAPÍTULO IV

Estudio de tiempos y movimientos como método de comprobación

“La jornada de trabajo justa”, concepto usado por Frederick Taylor, lo llevo a utilizar por primera vez un cronómetro para medir los tiempos de una operación, dando origen al estudio de tiempos y movimientos, actualmente utilizado en la mayoría de las empresas manufactureras para conocer el contenido de trabajo en sus respectivas líneas o estaciones de producción.

El objetivo de contemplar un estudio de tiempos y movimientos en la presente investigación es para tener una herramienta que sirva como método de comprobación con referencia al tiempo requerido para la utilización de los dispositivo de montaje y sujeción destinados al ensamble de turbinas CRH, ya que como tal, el proyecto se ubica a nivel de una propuesta de rediseño y no de implementación de nuevos prototipos. Por tal razón, es considerado un método que soporte el beneficio que se podría aportar a la estación de trabajo a raíz de una reducción en el tiempo de proceso como resultado de la propuesta.

4.1.- Antecedentes del estudio de tiempos y movimientos

El nacimiento de este concepto surge a finales del siglo XIX y principios del XX, gracias a los estudios realizados por diferentes pioneros como lo es el mencionado anteriormente F. Taylor y el matrimonio Gilbreth, quienes en base a los estudios realizados por Taylor, empezaron a trabajar en el estudio de métodos o de movimientos, dividiendo el trabajo en 17 actividades fundamentales llamadas “Therbligs”, con el propósito de encontrar el mejor método para un proceso. (Meyers, F., 2000)

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos, con el fin de

averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (Kanawaty, G., 1996, pp. 273)

El estudio de tiempos con cronometro es las técnica más antigua para medir el trabajo. Consiste en medir las cargas de trabajo a través de una persona experimentada que con la ayuda de un cronómetro mide los tiempos necesarios para realizar las operaciones de un proceso. El proceso de medir el trabajo bajo esta técnica puede resultar un tanto impreciso y tardado, por tal motivo se han creado diferentes sistemas que se basan en los estudios realizados por los Gilbreth, quienes establecieron estándares de movimientos básicos para realizar el trabajo, recibiendo el nombre de sistemas de tiempos predeterminados. (Niebel, B., 1996)

El objetivo de un estudio de tiempos es conseguir fijar un estándar del tiempo para una operación. Todo esto con el fin de tomar decisiones inteligentes y así poder precisar el número de máquinas necesarias o el recurso humano a contratar, o bien, determinar que método de trabajo es mejor para el proceso al comparar los resultados obtenidos como en el caso de la presente investigación.

Por tal razón, se puede deducir que un estudio de tiempos y movimientos surge a raíz de la búsqueda de la optimización de procesos, con el objetivo de conseguir aplicar el método más eficaz, contemplando el factor humano y el herramental de apoyo.

4.2.- Estudio de tiempos predeterminados

El estudio de tiempos, es una técnica utilizada comúnmente en las empresas, ya que estos abarcan y dan como resultado información necesaria para la asignación de los tiempos óptimos en la ejecución de tareas. A medida que se conozcan los tiempos de producción, se dispondrán y utilizarán de mejor manera los recursos para producir bajo cualquier situación en la que se encuentre una empresa. Para lograr estos objetivos, es comúnmente utilizado en producción el estudio de tiempos predeterminados.

Los tiempos predeterminados son una colección de tiempos validos asignados a movimientos y a grupos de movimientos básicos, que no pueden ser evaluados con exactitud con el procedimiento ordinario del estudio cronométrico de tiempos. Son el resultado del estudio de un gran número de muestras de operaciones diversificadas y por

sus características, estos elementos básicos se pueden agrupar adecuadamente hasta formar elementos completos de operaciones que permiten cuantificar el tiempo de estos sin necesidad de un cronometro. (García, R., 2001, pp.301-302)

El uso de un sistema de tiempos predeterminados en la presente investigación encaja de manera adecuada para mostrar los resultados obtenidos en cuestión de tiempos por operación de ensamble y cambio de herramental. De esta manera se podrán comparar las ventajas obtenidas en el caso de ambos métodos para comprobar si existe una mejora en aspectos técnicos de parte de la propuesta de rediseño de dispositivos, ya que al ser una proposición basada en conceptos nuevos y no implementados, la estandarización de tiempos para realizar un estudio apoyará de una manera significativa al proyecto.

4.2.1.- Principales sistemas de tiempos predeterminados

Existen diferentes sistemas de tiempos predeterminados utilizados en la industrial, siendo los siguientes los más destacados:

1. MTM (Methods Time Measurement)
2. WORK-FACTOR
3. MODADPTS (Modular Arrangement of Predetermined Time Standards)
4. BMT (Basic Motion Timestudy)
5. MOST (Maynard Operation Sequence Technique)

(García, R., 2001, pp.302)

Cabe mencionar que MTM es el pionero de los demás estudios de tiempos predeterminados y de su principio y aplicación se derivó el desarrollo otros estudios que integran la familia de estos sistemas. Para la aplicación de un estudio de tiempos predeterminados en la presente investigación, se ha optado por utilizar el sistema MOST, el cual brinda ciertas ventajas de simplicidad y recopilación de la información en comparación con otros sistemas, por lo cual se describe con más profundidad y detalle en los siguientes subtemas.

4.3.- Concepto MOST

La técnica MOST es un sistema de medición del trabajo que se concentra en el movimiento de los objetos siguiendo ciertos patrones repetitivos regulares, tales como alcanzar, sujetar, mover, y colocar un objeto. Estos patrones se identificaron y se ordenaron como una secuencia de acontecimientos que en conjunto muestran el movimiento de un objeto. (García, R., 2002)

El concepto MOST se basa en modelos de secuencia, los cuales ya no son unidades de trabajo basadas en movimientos básicos individuales como en el caso de otros sistemas, sino que son actividades fundamentales agrupadas que forman un conjunto de movimientos relacionados con la trayectoria que sigue un objeto al realizar una tarea. Para cada tipo de movimiento o parte de trabajo, existe una secuencia diferente de eventos, tal vez algunas partes requieran el empleo de una herramienta o realizar un movimiento diferente de los demás, por tal razón para cada actividad se emplea una secuencia de movimientos distinta. (Zandin, K., 2003)

4.3.1.- Ventajas de los sistemas MOST

El autor Zandin, menciona que este tipo de sistemas ofrecen ciertas ventajas frente a la aplicación de otros tipos de estudios de tiempos predeterminados:

- **Velocidad de la aplicación.** Los sistemas MOST se diseñaron para ser considerablemente más rápidos que las otras técnicas de medición de trabajo.
- **Sensibilidad del método.** Son técnicas sensibles al método; indican con claridad el método más económico y que cause menos en un proceso.
- **Documentación.** MOST describe las actividades de forma clara, precisa y sencilla, Por tal razón reduce la cantidad de trabajo administrativo al reducir la cantidad de páginas de documentación.
- **Aplicabilidad.** Son sistemas apropiados para cualquier trabajo manual que contenga variaciones de un ciclo a otro, sin importar la duración del mismo. (Zandin, K., 2003)

4.3.2.- Tipos de sistemas MOST

El autor Kjell Zandin nos dice que existen diferentes versiones del estudio de tiempos predeterminados MOST, dependiendo de su aplicación y de la tarea u operación que se analiza con esta técnica. Las versiones que estudian esta familia de sistemas son las siguientes:

- MOST básico. Es la versión más utilizada ya que se integran secuencias de movimientos que son utilizadas en las tareas y operaciones más rutinarias con ciclos de tiempo normales y donde no se requiere la utilización de micromovimientos para la realización de un estudio de tiempos.
- MiniMOST. Esta versión se creó para satisfacer las necesidades de medición de tiempo de mayor precisión donde se apliquen actividades idénticas de ciclos cortos y altamente repetitivos.
- MaxiMOST. Se creó para satisfacer las necesidades de un sistema rápido y menos detallado pero exacto y consistente, de medición de operaciones de ciclo largo, no repetitivas y diferentes. (Zandin, K., 2003)

El sistema básico MOST ofrece la facilidad de analizar cualquier operación manual y algunas con equipo o herramientas en base a secuencias de actividades fundamentales. Relacionado con las descripciones anteriormente presentadas de las versiones MOST, es una forma ideal para realizar el estudio de las operaciones que integran la presente investigación.

4.3.3.- La técnica de medición del trabajo MOST básico

Para esta versión del sistema MOST se requiere la aplicación de tres modelos de secuencia para describir el trabajo:

- Secuencia de movimiento general: movimiento espacial de un objeto a través del aire.

- Secuencia de movimiento controlado: movimiento de un objeto cuando permanece en contacto con una superficie o cuando se encuentra unido a otro objeto durante el movimiento.
- Secuencia de uso de herramientas: para el uso de herramientas de mano ordinarias. (García, R., 2002, pp. 368)

4.3.3.1.- Modelo de secuencia del movimiento general

Un modelo de secuencia en los sistemas MOST, se define como una serie de letras organizadas en una forma lógica que representan cada uno de los parámetros de la secuencia de un movimiento. Como tal y descrito con anterioridad, si se habla de un movimiento general, se hace referencia al desplazamiento en el espacio de uno o más objetos que bajo el control manual, siguen una dirección ilimitada a través del aire sin estar en contacto u obstruido por algún otro objeto, ya que de caso contrario este tipo de secuencia no es aplicable para un movimiento de tipo general. (Zandin, K., 2003)

El movimiento general se compone de cuatro subactividades o parámetros que siempre interactúan en la realización de un movimiento de este tipo:

- Distancia de acción (A). Contempla la acción de alcanzar un objeto ya sea con una o ambas manos, contemplando un desplazamiento físico.
- Movimientos del cuerpo (B). Principalmente movimientos verticales y horizontales del cuerpo humano para librar obstáculos y así obtener el control de un objeto.
- Obtener el control de los objetos (G). Es necesario que las extremidades del cuerpo humano tengan el control total del objeto para realizar los movimientos.
- Colocación (P). Poner el objeto en una posición de reposo final o temporal. (García, R., 2002)

Estas subactividades pueden agruparse en un modelo de secuencia lógica que define el movimiento general. A cada parámetro se le asigna un subíndice que se referencia con el tiempo y definen el contenido del trabajo para cada uno de ellos. La secuencia del movimiento general queda definida de la siguiente manera:

| | | | | | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|------------|---------------------|
| A | B | G | A | B | P | A |
| Distancia de Acción | Movimiento del cuerpo | Adquisición de control | Distancia de Acción | Movimiento del cuerpo | Colocación | Distancia de Acción |

Fuente: Zandin, Kjell B. (2003). *MOST, Work Measurement Systems*, (4ª edición). Nueva York, EUA: Marcel Dekker, Inc.

Los subíndices de un movimiento general se obtienen de una tabla de datos la cual es el corazón del sistema MOST, ya que cada subíndice hace referencia a una unidad de tiempo predeterminada y con la cual es posible medir el contenido del trabajo. La tabla correspondiente a la secuencia del movimiento general se presenta a continuación:

| A B G A B P A | | MOVIMIENTO GENERAL | | | |
|----------------------|----------------------------|--|--|---|------------------|
| VALOR X10 | A | B | G | P | VALOR X10 |
| | ACCIÓN DE DISTANCIA | MOVIMIENTO DEL CUERPO | OBTENER CONTROL | COLOCACIÓN | |
| 0 | <= 2 in <= 5 cm | | | Sostener / Agarrar | 0 |
| 1 | Al alcance | | Objeto ligero / Objetos ligeros / Simultaneos | Poner a un lado holgado | 1 |
| 3 | 1-2 pasos | Flexionarse y levantarse 50 % del caso | No simultaneos / Pesado y voluminoso / Oculto y obstruido / Soltar / Ensamblado / Juntar | Ajustes / Presión ligera / Doble | 3 |
| 6 | 3-4 pasos | Flexionarse y levantarse | | Cuidado y precisión / Presión fuerte / Oculto u obstruido / Movimientos Intermedios | 6 |
| 10 | 5-7 pasos | Sentarse o levantarse | | | 10 |
| 18 | 8-10 pasos | A través de la puerta / Subir o bajar rampas | | | 18 |

Fuente: García Criollo, Roberto. (2002). *Estudio del trabajo*. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. (2ª Edición). México, Mex. : Mc Graw Hill.

Se menciona que algunos campos de la tabla no cuentan con ninguna información ya que los parámetros correspondientes no pueden tener asignado valores de tiempo menor o en su caso mayor debido a la naturaleza del movimiento, por tal razón no es necesario contemplarlos.

4.3.3.2.- Modelo de secuencia del movimiento controlado

La secuencia de mover controlado describe el desplazamiento manual de los objetos sobre una trayectoria o ruta controlada. Es decir que el movimiento es restringido por lo menos en una dirección por el contacto o por la acción de acoplarlo a otro objeto. (García, R., 2002, pp. 381)

Al igual que en la secuencia de tipo general, en este tipo de movimientos siempre intervienen parámetros que definen las etapas de la acción. Cabe mencionar que los cuatro parámetros del movimiento general se utilizan en este tipo de movimientos, ya que son los mismos y permanecen sin cambio. Sin embargo, se anexan tres nuevas subactividades que describen el control de los objetos:

- Movimiento controlado (M). Este parámetro abarca todos los movimientos de un objeto guiados de forma manual por una ruta controlada.
- Tiempo de proceso (X). Refiere al tiempo que se utiliza durante la interacción con máquinas u operaciones y las extremidades del cuerpo humano.
- Alineamiento (I). Se refiere a las acciones manuales que siguen al movimiento controlado para lograr la alineación de un objeto con otro. (García, R., 2002)

Esta serie de parámetros toman la forma de una serie de letras que representan cada una de las subactividades de la secuencia de un movimiento controlado como se muestra en la siguiente tabla:

| A | B | G | M | X | I | A |
|---------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| Distancia de Acción | Movimiento del cuerpo | Adquisición de control | Movimiento Controlado | Tiempo del Proceso | Alineamiento | Distancia de Acción |

Fuente: Zandin, Kjell B. (2003). *MOST, Work Measurement Systems*, (4ª edición). Nueva York, EUA: Marcel Dekker, Inc.

Esta secuencia de movimientos requiere de sus correspondientes índices de tiempo que se representan en la tabla de datos del movimiento controlado, la cual se complementa con las referentes al movimiento general y se muestran a continuación:

| A B G M X I A | | | | MOVIMIENTO CONTROLADO | | | VALOR X10 |
|---------------|--|--|---------|-----------------------|------------------------------------|---|-----------|
| VALOR X10 | M | | | X | I | | |
| | MOVIMIENTO CONTROLADO | | | TIEMPO DE PROCESO | ALINEAR | | |
| | DESCRIPCIÓN | PALABRA CLAVE | VOLTEAR | SEGUNDOS (s) | OBJETO | PALABRA CLAVE | |
| 1 | < 30 cm (12 pulgadas) / Botón, interruptor, perilla | Empujar / Jalar / Girar - simple | | 0.5 | A un punto | Localizar / Alinear - punto | 1 |
| 3 | > 30 cm (12 pulgadas) / Hay resistencia/ Sentar o descajar / Control alto / 2 etapas < 30 cm | Deslizar / Girar / Abrir / Cerrar / Encajar / Descajar / Presionar / Empujar + jalar | 1 | 1.5 | A 2 puntos / <10 cm (4 pulgadas) | Alinear - puntos cercanos / Guiar / Alinear pieza | 3 |
| 6 | 2 etapas > 30 cm / Con 1-2 pasos | Abir + cerrar / Actuar / Empujar o jalar 1 o 2 pasos | 3 | 2.5 | A 2 puntos / > 10 cm (4 pulgadas) | Alinear - puntos ajustados / Alinear marca | 6 |
| 10 | 3 - 4 etapas / con 3 - 5 pasos | Manipular / Maniobrar / Empujar o jalar 3 - 5 pasos | 6 | 4.5 | | Alinear a un indicador | 10 |
| 16 | Con 6 - 9 pasos | Empujar o jalar 6 - 9 pasos | 11 | 7 | Precisión | Alinear con exactitud | 16 |

Fuente: García Criollo, Roberto. (2002). *Estudio del trabajo*. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. (2ª Edición). México, Mex. : Mc Graw Hill.

4.3.3.3.- Modelo de secuencia del uso de herramientas

El autor Zandin describe el modelo de secuencia del uso de herramientas como un conjunto de subactividades de la secuencia del movimiento general, junto con unos parámetros especialmente diseñados que describen la acción desempeñada con herramientas manuales. El uso de herramientas sigue una secuencia fija de subactividades que ocurren en cinco fases principales:

1. Sujetar el objeto o herramienta
2. Colocar el objeto o herramienta en posición de trabajo
3. Usar la herramienta
4. Colocar a un lado el objeto o herramienta
5. Regresar al lugar de trabajo. (Zandin, K., 2003)

Estas cinco fases conforman el modelo de secuencia de este tipo de actividad, que como en los casos anteriores, se describe por una serie de letras ordenadas lógicamente que muestran la secuencia de actividad del uso de herramientas.

| A B G | A B P | A B P | A |
|--|---------------------------------|---------------------|---|
| Obtener control del objeto o herramienta | Colocar el objeto o herramienta | Usar la herramienta | Dejar a un lado el objeto o herramienta |
| | | | Regreso |

Fuente: Zandin, Kjell B. (2003). *MOST, Work Measurement Systems*, (4ª edición). Nueva York, EUA: Marcel Dekker, Inc.

El espacio que se muestra en blanco en el modelo de secuencia descrito como “Usar herramienta” esta proporcionado para intersectar parámetros correspondientes a la aplicación de una herramienta en el proceso. Estos parámetros son definidos por el autor García Criollo como:

- Sujetar (F). Se refiere al montaje mecánico de un objeto en otro, utilizando los dedos, manos o una herramienta de mano.
- Soltar (L). Consiste en desmontar mecánicamente un objeto de otro, utilizando los dedos, manos o una herramienta de mano.
- Cortar (C). Describe las acciones manuales de recortar, rebanar o simplemente cortar un objeto o material utilizando una herramienta afilada, como cuchillo o tijeras.
- Tratamiento de superficies (S). Se refiere a las actividades que van dirigidas a mejorar el acabado de la superficie de un objeto quitando material sobrante, aplicando una capa a la superficie o limpiándola.
- Medir (M). Incluye todas las acciones que son necesarias para tomar medida de la dimensión de un objeto, utilizando un aparato uniforme de medición para comparar.
- Registrar (R). Se refiere a las acciones manuales que se realizan con un lápiz, bolígrafo, tiza o algún otro dispositivo para marcar.
- Pensar (T). Son las actividades mentales o de los ojos que son necesarias para obtener información o inspección de un objeto. (García, R., 2002)

Al determinar la correspondiente secuencia de movimientos con el parámetro correcto de la herramienta a utilizar, es necesario tener a la mano las tablas de datos correspondientes, las cuales incluyen los tipos de herramientas junto con los subíndices referentes al tiempo requerido por cada operación y se muestran a continuación:

| ABGABP | | ABPA | | | | USO DE HERRAMIENTAS (1) | | | | | |
|--------------|------------------------|---|------------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|--------------|
| VALOR X10 | SUJETAR (F) | | | | | AFLOJAR - SOLTAR (L) | | | | | VALOR X10 |
| | ACCIÓN DEDOS | ACCIÓN DE MUÑECA | | | | ACCIÓN DE MANO | | | | ACCIÓN DE HERRAMIENTA | |
| | VUELTAS | VUELTAS | GOLPEO/ REPOSICIONAMIENTO | VUELTA COMPLETA | GOLPES LIGEROS | VUELTAS | GOLPEO/ REPOSICIONAMIENTO | VUELTA COMPLETA | GOLPES | HERRAMIENTA DE POTENCIA | |
| | DESARMADOR DE DEDOS | DESARMADOR DE MANO / TRINQUETE / LLAVES T | LLAVE / LLAVE ALLEN | LLAVE / LLAVE ALLEN / TRINQUETE | MARTILLO | TRINQUETE / LLAVE T | LLAVE / LLAVE ALLEN | LLAVE / LLAVE ALLEN | MARTILLO / MAZO | ELÉCTRICA Ó NEUMÁTICA | |
| 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | 1 |
| 3 | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | | 1 | 1/4" / 6 mm | 3 |
| 6 | 3 | 3 | 2 | 3 | 6 | 2 | | 1 | 3 | 1" / 25 mm | 6 |
| 10 | 8 | 5 | 3 | 5 | 10 | 4 | 2 | 2 | 5 | | 10 |
| 16 | 16 | 9 | 5 | 9 | 16 | 6 | 3 | 3 | 8 | | 16 |
| 24 | 25 | 13 | 8 | 11 | 23 | 9 | 4 | 5 | 12 | | 24 |
| 32 | 35 | 17 | 10 | 15 | 30 | 12 | 6 | 6 | 16 | | 32 |
| 42 | 47 | 23 | 13 | 20 | 38 | 15 | 8 | 8 | 21 | | 42 |
| 54 | 61 | 29 | 17 | 25 | 50 | 20 | 10 | 11 | 27 | | 54 |

Fuente: García Criollo, Roberto. (2002). *Estudio del trabajo*. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. (2ª Edición). México, Mex. : Mc Graw Hill.

| ABGABP | | ABPA | | | | USO DE HERRAMIENTAS (2) | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|------------------------|----------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------|---|-------------------|------------|--------------|----------------------------|---|--|----------------------|
| VALOR X10 | CORTAR (C) | | | TRATAMIENTO DE SUPERFICIES (S) | | | MEDIR (M) | REGISTRAR (R) | | PENSAR (T) | | | VALOR X10 | | |
| | AGARRAR ETC. | CORTAR / DESAGARRAR | CORTAR | TAJAR | LIMPIAR CON AIRE | LIMPIAR CON CEPILLO | LIMPIAR | MEDIR | ESCRIBIR | MARCAR | INSPECCIONAR | | | LEER | |
| | PINZAS | | TIJERAS | CUCHILLO | BOQUILLA | CEPILLAR | TRAPO | DISPOSITIVO DE MEDICIÓN | LAPIZ | | MARCADOR | OJOS/ DEDOS | | OJOS | |
| | PINZAS | ALAMBRE | CORTADAS | No. DE VECES | ft² | ft² | ft² | in (cm) / ft (cm) | DÍGITOS | PALABRAS | DÍGITOS | PUNTOS | | DÍGITOS / PALABRAS SIMPLES | PALABRAS DE TEXTO |
| 1 | Agarrar | | 1 | | | | | | 1 | | Marca | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 3 | | Suave | 2 | 1 | | | 0.5 | | 2 | | 1 Línea | 3 | 3 / Calibrador | 8 / Calibrador | 3 |
| 6 | Prueba de dobles | Mediano | 4 | | 1 / Punto o cavidad | 1 / Objeto pequeño | | | 2 | 1 | 2 | 5 / Tocar por calor | 6 / Escala de valor / Fecha- Hora | 15 / Escala de valor / Fecha- Hora | 6 |
| 10 | | Duro | 7 | 3 | | | 1 | Calibrador de perfil | 6 | | 3 | 9 / Palpar por defectos | 12 / Escala de Vernier | 24 / Escala de Vernier | 10 |
| 16 | | | 11 | 4 | 3 | 2 | 2 | Escala fija / Calibrador 12 in (30 cm) | 9 / Firma / Fecha | 2 | 5 | | Tabla de valores | 38 / Tabla de valores | 16 |
| 24 | | | 15 | 6 | 4 | 3 | 3 | Calibrador de reloj | 13 | 3 | 7 | | | 54 | 24 |
| 32 | | | 20 | 9 | 7 | 5 | 5 | Cinta de medición 6 ft (2m) / micrómetro de profundidad | 18 | 4 | 10 | | | 72 | 32 |
| 42 | | | 27 | 11 | 10 | 7 | 7 | Micrómetro OD/ 4" (10 cm) | 23 | 5 | 13 | | | 94 | 42 |
| 54 | | | 33 | | | | | Micrómetro ID/ 4" (10 cm) | 29 | 7 | 16 | | | 119 | 54 |

Fuente: García Criollo, Roberto. (2002). *Estudio del trabajo*. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. (2ª Edición). México, Mex. : Mc Graw Hill.

4.3.4.- Unidades de medida MOST

Las unidades de tiempo utilizadas en los sistemas MOST se basan en horas y partes de hora que reciben el nombre de unidades de medida de tiempo TMU (Time Measurement Unit) que equivalen a 0.00001 horas. (García, R., 2002, pp. 371)

En el caso de los sistemas MOST, el valor de tiempo en TMU para cada modelo de secuencia se calcula sumando el valor de los subíndices asignados a cada parámetro y multiplicándolos por la cantidad de 10. Una vez obtenidos los totales de TMU de un modelo de secuencia, es necesario convertirlos a unidades de tiempo ordinarias, por tal razón se presenta la siguiente tabla de equivalencias para saber la cantidad de tiempo utilizado en la operación correspondiente.

| CONVERSIONES PARA CALCULAR TIEMPOS ESTÁNDAR | | |
|--|----------|----------------------|
| 1 TMU | = | 0.00001 hora |
| 1 TMU | = | 0.0006 minuto |
| 1 TMU | = | 0.036 segundo |
| 1 hora | = | 100 000 TMU |
| 1 minuto | = | 1 667 TMU |
| 1 segundo | = | 27.8 TMU |

Fuente: García Criollo, Roberto. (2002). *Estudio del trabajo*. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. (2ª Edición). México, Mex. : Mc Graw Hill.

4.4.- Método de comprobación de la propuesta de rediseño

El sistema MOST, de la familia de los estudios de tiempos predeterminados, como fue mencionado en temas anteriores y debido a las ventajas que este presenta ante los demás sistemas, fue seleccionado para sustentar la parte de comprobación entre el método que actualmente utilizan los dispositivos de montaje y sujeción de la estación de ensamble de turbinas y la propuesta de rediseño, base del proyecto concurrente.

Con motivo de las operaciones en las cuales intervienen los dispositivos, se ha dividido el estudio de tiempos predeterminados en dos partes: proceso de ensamble de turbinas y proceso de cambio de herramientas del dispositivo. Ambos realizados al proceso actual y al propuesto para así obtener resultados y poder realizar un análisis comparativo entre ambos.

4.4.1.- Formato de registro del sistema de tiempos predeterminados MOST

MOST es un sistema de tiempos predeterminados que fue diseñado para permitir el análisis de cualquier operación manual y algunas que contemplen la utilización de herramientas o equipo. Este concepto se basa en la aplicación de ciertos modelos de secuencia preestablecidos que describen la manipulación de los objetos, a los cuales se les asigna un subíndice, obtenidos de tablas, describiendo el tiempo de proceso para lograr la manipulación del objeto y su medición.

Es necesario realizar el registro de estas secuencias junto con sus subíndices para obtener los resultados del estudio de tiempos en un formato que puede ser estándar o a la medida con la información que el analista requiera.

Para la aplicación del sistema de tiempos predeterminados MOST como método de comprobación entre procesos actuales y los que se buscan proponer como resultado de la presente investigación, se ha diseñado un formato especial con dos propósitos: resumir la información al lector y analista para la comprensión de los resultados obtenidos y facilitar el registro de los datos obtenidos. El formato adaptado al proyecto se muestra a continuación con la respectiva información y características de los campos que lo incluyen:

- Layout. Este campo se incluye en el formato para integrar una imagen de vista aérea y facilitar la comprensión del analista y lectores en el entendimiento del estudio.
- Operación, Inicio y término del proceso, Realiza y Fecha. Estos campos son meramente informativos que permite identificar la información del objeto de estudio.

- **Actividad.** En este campo se describe brevemente la actividad realizada.
- **N° (Numero).** Sirve para identificar el número de operaciones o movimientos que realiza el objeto y en el caso de método de comprobación, para comparar el número de operaciones requeridas en ambos procesos.
- **L (Lado).** La columna L hace referencia a la extremidad utilizada en el proceso, derecha – izquierda, ya que no en todos realizan la misma actividad, por lo cual es necesario contemplar la sumatoria de ambos estándares de tiempo.
- **Modelos de secuencia.** Dentro de este campo se registran los correspondientes modelos de secuencia de cada actividad con sus correspondientes subíndices.
- **Frecuencia.** La columna de frecuencia se utiliza cuando se tiene una operación o secuencia repetitiva en el proceso, de esta manera se evita registrarlas más de una vez.
- **TMU x10.** Se utiliza para calcular los TMU correspondientes al sistema MOST básico, multiplicando la sumatoria de los subíndices del modelo de secuencia por el valor diez.
- **TMU REAL.** Corresponde a la sumatoria de ambos modelos de secuencia en la operación, en caso de ser necesario, debido a la interacción de ambas extremidades realizando actividades por separado. Si la operación se hace simultáneamente con ambas manos, solo se registrarán los TMU correspondientes a un modelo de secuencia.
- **SEG (Segundos).** En él se registran los segundos equivalentes a los TMU de los modelos de secuencia.
- **TOTALES.** Corresponde a la obtención de resultados en unidades de tiempo. Como método de comprobación este campo es de gran importancia debido a que es la forma de comparar los procesos actuales y propuestos.

| LAYOUT | | ANÁLISIS - MOST | | | | | | |
|----------------|-----------|------------------------|---------------------|-------|-----------|----------|-----|--|
| | | OPERACIÓN: | | | | | | |
| | | INICIO DEL PROCESO: | | | | | | |
| | | TÉRMINO DEL PROCESO: | | | | | | |
| | | REALIZA: | | | | FECHA: | | |
| No. | ACTIVIDAD | L | MODELO DE SECUENCIA | FREC. | TMU (x10) | TMU REAL | SEG | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| | | D | | | | | | |
| | | I | | | | | | |
| TOTALES | | | | | | | | |

Figura 17.- Formato de llenado MOST (diseño propio del analista)

4.4.2.- Proceso de ensamble de turbinas: Estudio de tiempos y análisis comparativo

La actividad de ensamble de turbinas interactúa de forma directa con los dispositivos de ensamble y sujeción, en gran parte la eficiencia del proceso depende de la buena funcionalidad del herramental instalado en la estación de trabajo.

El objetivo de realizar un estudio de tiempos en esta parte de la actividad, es para verificar que la propuesta de rediseño puede agregar valor al proceso optimizando la estación de trabajo y mejorando aspectos técnicos, como el tiempo y número de secuencias de operaciones, en el proceso de producción de ensamble de turbinas.

El estudio de tiempos correspondiente al método actual y la propuesta de rediseño de esta actividad se muestran a continuación; donde se obtuvieron resultados que benefician de forma significativa a la propuesta de rediseño:

- En cuestiones de tiempo de operación por turbina ensamblada, se obtiene que el método propuesto ofrece una ventaja ante el método actual, reduciendo significativamente el tiempo de proceso.
- Referente al número de secuencias de operación, el método propuesto requiere un menor número de movimientos ante el método actual, influyendo en la disminución del tiempo de proceso necesario.

Los resultados obtenidos y de los cuales se deducen las anteriores afirmaciones se resumen en forma de tabla a continuación:

| Método | Tiempo de proceso (seg) | Secuencias de movimiento |
|--|--------------------------------|---------------------------------|
| Actual | 516.2 | 154 |
| Propuesto | 317.5 | 110 |
| Diferencia (actual-propuesto) | 198.7 | 44 |

| LAYOUT | | ANÁLISIS - MOST | | | | | | |
|---------------------------|--|--|--|------|-----------|-------------------|--------------|--|
| | | OPERACIÓN: ENSAMBLE DE TURBINAS MOD. CHR (MÉTODO ACTUAL) | | | | | | |
| | | INICIO DEL PROCESO: ESTACIÓN DE TRABAJO DE ENSAMBLE DE TURBINAS | | | | | | |
| | | TERMINO DEL PROCESO: ESTACIÓN DE TRABAJO DE ENSAMBLE DE TURBINAS | | | | | | |
| | | REALIZA: MARIO ALBERTO MARTINEZ DE ITA | | | | FECHA: 06/11/2013 | | |
| No. | ACTIVIDAD | L | MODELO DE SECUENCIA | REC. | TMU (x10) | TMU REAL | SEG | |
| 1 | Tomar turbina de Palet correspondiente y montar en dispositivo | I | A ₆ B ₃ G ₁ A ₆ B ₀ P ₃ A ₁ | 1 | 200 | 200 | 7.2 | |
| | | D | A ₆ B ₃ G ₁ A ₆ B ₀ P ₃ A ₁ | 1 | 200 | | | |
| 2 | Tomar mariposa de contenedor de mesa de trabajo (x6) | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₁ B ₀ P ₀ A ₁ | 6 | 240 | 420 | 15.1 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 6 | 180 | | | |
| 3 | Girar turbina a tornillo de dispositivo, colocar mariposa y atornillar (x6) | I | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₁ I ₁ A ₁ | 6 | 360 | 1920 | 69.1 | |
| | | D | A ₀ B ₀ G ₀ M ₁ X ₂₄ I ₀ A ₁ | 6 | 1560 | | | |
| 4 | Tomar estrella del piso, oído del palet correspondiente y ensamblar a presión | I | A ₃ B ₃ G ₁ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 80 | 310 | 11.2 | |
| | | D | A ₆ B ₃ G ₁ A ₃ B ₃ P ₆ A ₁ | 1 | 230 | | | |
| 5 | Tomar estrella y montar en dispositivo | I | A ₁ B ₃ G ₁ A ₃ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 100 | 100 | 3.6 | |
| | | D | A ₁ B ₃ G ₁ A ₃ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 100 | | | |
| 6 | Tomar perno de chumacera, colocar e insertar en dispositivo | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₁ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 50 | 50 | 1.8 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 30 | | | |
| 7 | Tomar tuerca de dispositivo de mesa de trabajo, colocar y atornillar | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 30 | 740 | 26.6 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₆₇ I ₀ A ₁ | 1 | 710 | | | |
| 8 | Tomar perno de chumacera, quitar y colocar en mesa | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₁ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 50 | 50 | 1.8 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 30 | | | |
| 9 | Tomar taladro neumatico de mesa de trabajo | I | A ₁ B ₀ G ₃ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 50 | 100 | 3.6 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₃ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 50 | | | |
| 10 | Girar dispositivo a aspa correspondiente, colocar taladro neumatico en oído y barrenar (x12) | I | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₁ I ₁ A ₁ | 12 | 720 | 2400 | 86.4 | |
| | | D | A ₀ B ₀ G ₀ A ₁ B ₀ P ₆ C ₆ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 12 | 1680 | | | |
| 11 | Colocar taladro neumatico en mesa de trabajo | I | A ₁ B ₀ G ₃ A ₁ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 70 | 90 | 3.24 | |
| | | D | A ₀ B ₀ G ₀ A ₁ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 20 | | | |
| 12 | Tomar remachadora neumatica de mesa de trabajo | I | A ₁ B ₀ G ₃ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 50 | 100 | 3.6 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₃ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 50 | | | |
| 13 | Tomar, colocar e insertar remaches en remachadora neumatica (x12) | I | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₁₀ I ₀ A ₁ | 12 | 1680 | 1920 | 69.1 | |
| | | D | A ₀ B ₀ G ₀ A ₁ B ₀ P ₀ A ₁ | 12 | 240 | | | |
| 14 | Girar dispositivo a barreno, colocar remache en barreno y remachar (x12) | I | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₁ I ₁ A ₁ | 12 | 720 | 2040 | 73.4 | |
| | | D | A ₀ B ₀ G ₀ A ₁ B ₀ P ₆ C ₃ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 12 | 1320 | | | |
| 15 | Colocar remachadora neumatica en mesa de trabajo | I | A ₁ B ₀ G ₃ A ₁ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 70 | 90 | 3.24 | |
| | | D | A ₀ B ₀ G ₀ A ₁ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 20 | | | |
| 16 | Tomar estrella, girar dispositivo e inspeccionar ensamble (x2) | I | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₁₀ I ₀ A ₁ | 2 | 280 | 280 | 10.1 | |
| | | D | A ₀ B ₀ G ₀ A ₀ B ₀ P ₀ A ₀ | 2 | 0 | | | |
| 17 | Tomar perno de chumacera , colocar e insertar en dispositivo | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₁ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 50 | 50 | 1.8 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 30 | | | |
| 18 | Desatornillar tuerca de dispositivo y colocar en mesa de trabajo | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₁ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 50 | 760 | 27.4 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₆₇ I ₀ A ₁ | 1 | 710 | | | |
| 19 | Tomar perno de chumacera, quitar y colocar en mesa | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₁ B ₀ P ₁ A ₁ | 1 | 50 | 50 | 1.8 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ A ₀ B ₀ P ₀ A ₁ | 1 | 30 | | | |
| 20 | Tomar estrella, desmontar y colocar en piso | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₃ B ₃ P ₁ A ₃ | 1 | 120 | 120 | 4.32 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ A ₃ B ₃ P ₁ A ₃ | 1 | 120 | | | |
| 21 | Girar turbina, tomar mariposa y desatornillar (x6) | I | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₁ I ₁ A ₁ | 6 | 360 | 2040 | 73.4 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ M ₁ X ₂₄ I ₀ A ₁ | 6 | 1680 | | | |
| 22 | Colocar mariposa en contenedor correspondiente (x6) | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₁ B ₀ P ₀ A ₁ | 6 | 240 | 360 | 13 | |
| | | D | A ₀ B ₀ G ₀ A ₁ B ₀ P ₀ A ₁ | 6 | 120 | | | |
| 23 | Tomar turbina ensamblada, desmontar de dispositivo y colocar en palet correspondiente | I | A ₁ B ₀ G ₁ A ₆ B ₃ P ₁ A ₃ | 1 | 150 | 150 | 5.4 | |
| | | D | A ₁ B ₀ G ₁ A ₆ B ₃ P ₁ A ₃ | 1 | 150 | | | |
| SECUENCIAS TOTALES | | 154 | TIEMPO TOTAL | | | ### | 516.2 | |

| LAYOUT | | ANÁLISIS - MOST | | | | | | |
|---------------------------|--|---|---|-------|-----------|--------------------------|--------------|--|
| | | OPERACIÓN: ENSAMBLE DE TURBINAS MOD. CHR (MÉTODO PROPUESTO) | | | | | | |
| | | INICIO DEL PROCESO: ESTACIÓN DE TRABAJO DE ENSAMBLE DE TURBINAS | | | | | | |
| | | TERMINO DEL PROCESO: ESTACIÓN DE TRABAJO DE ENSAMBLE DE TURBINAS | | | | | | |
| | | REALIZA: MARIO ALBERTO MARTINEZ DE ITA | | | | FECHA: 02/12/2013 | | |
| No. | ACTIVIDAD | L | MODELO DE SECUENCIA | FREC. | TMU (x10) | TMU REAL | SEG | |
| 1 | Tomar turbina de Palet correspondiente y montar en dispositivo | I | $A_6 B_3 G_1 A_6 B_0 P_3 A_1$ | 1 | 200 | 200 | 7.2 | |
| | | D | $A_6 B_3 G_1 A_6 B_0 P_3 A_1$ | 1 | 200 | | | |
| 2 | Tomar sujetador de la mesa de trabajo y colocar en dispositivo | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 3 | 120 | 390 | 14.04 | |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 M_3 X_3 I_0 A_1$ | 3 | 270 | | | |
| 3 | Tomar oido del palet correspondiente y ensamblar a presión en estrella | I | $A_1 B_0 G_1 A_0 B_0 P_6 A_1$ | 1 | 90 | 230 | 8.28 | |
| | | D | $A_6 B_3 G_1 A_6 B_0 P_6 A_1$ | 1 | 230 | | | |
| 4 | Tomar estrella y montar en dispositivo | I | $A_1 B_3 G_1 A_3 B_0 P_1 A_1$ | 1 | 100 | 100 | 3.6 | |
| | | D | $A_1 B_3 G_1 A_3 B_0 P_1 A_1$ | 1 | 100 | | | |
| 5 | Tomar abrazaderas de cambio rápido, insertar en dispositivo macho y fijar aplicando presión | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 40 | 130 | 4.68 | |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 M_3 X_3 I_0 A_1$ | 1 | 90 | | | |
| 6 | Tomar taladro neumatico de mesa de trabajo | I | $A_1 B_0 G_3 A_0 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 50 | 100 | 3.6 | |
| | | D | $A_1 B_0 G_3 A_0 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 50 | | | |
| 7 | Girar dispositivo a aspa correspondiente, colocar taladro neumatico en oido y barrenar (x12) | I | $A_1 B_0 G_1 M_1 X_1 I_1 A_1$ | 12 | 720 | 2400 | 86.4 | |
| | | D | $A_0 B_0 G_0 A_1 B_0 P_6 C_6 A_0 B_0 P_0 A_1$ | 12 | 1680 | | | |
| 8 | Colocar taladro neumatico en mesa de trabajo | I | $A_1 B_0 G_3 A_1 B_0 P_1 A_1$ | 1 | 70 | 90 | 3.24 | |
| | | D | $A_0 B_0 G_0 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 20 | | | |
| 9 | Tomar remachadora neumatica de mesa de trabajo | I | $A_1 B_0 G_3 A_0 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 50 | 100 | 3.6 | |
| | | D | $A_1 B_0 G_3 A_0 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 50 | | | |
| 10 | Tomar, colocar e insertar remaches en remachadora neumatica (x12) | I | $A_1 B_0 G_1 M_1 X_{10} I_0 A_1$ | 12 | 1680 | 1920 | 69.12 | |
| | | D | $A_0 B_0 G_0 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 12 | 240 | | | |
| 11 | Girar dispositivo a barreno, colocar remache en barreno y remachar (x12) | I | $A_1 B_0 G_1 M_1 X_1 I_1 A_1$ | 12 | 720 | 2040 | 73.44 | |
| | | D | $A_0 B_0 G_0 A_1 B_0 P_6 C_3 A_0 B_0 P_0 A_1$ | 12 | 1320 | | | |
| 12 | Colocar remachadora neumatica en mesa de trabajo | I | $A_1 B_0 G_3 A_1 B_0 P_1 A_1$ | 1 | 70 | 90 | 3.24 | |
| | | D | $A_0 B_0 G_0 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 20 | | | |
| 13 | Tomar estrella, girar dispositivo e inspeccionar ensamble (x2) | I | $A_1 B_0 G_1 M_1 X_{10} I_0 A_1$ | 2 | 280 | 280 | 10.08 | |
| | | D | $A_0 B_0 G_0 A_0 B_0 P_0 A_0$ | 2 | 0 | | | |
| 14 | Quitar abrazadera y colocar en mesa de trabajo | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 40 | 130 | 4.68 | |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 M_3 X_3 I_0 A_1$ | 1 | 90 | | | |
| 15 | Desmontar estrella y colocar en lugar correspondiente | I | $A_1 B_0 G_1 A_3 B_0 P_0 A_3$ | 1 | 80 | 80 | 2.88 | |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 A_3 B_0 P_0 A_3$ | 1 | 80 | | | |
| 16 | Quitar sujetador y colocar en mesa de trabajo | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 3 | 120 | 390 | 14.04 | |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 M_3 X_3 I_0 A_1$ | 3 | 270 | | | |
| 17 | Tomar turbina ensamblada, desmontar de dispositivo y colocar en palet correspondiente | I | $A_1 B_0 G_1 A_6 B_3 P_1 A_3$ | 1 | 150 | 150 | 5.4 | |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 A_6 B_3 P_1 A_3$ | 1 | 150 | | | |
| SECUENCIAS TOTALES | | 110 | TIEMPO TOTAL | | | 8820 | 317.5 | |

4.4.3.- Proceso de cambio de herramental del dispositivo: Estudio de tiempos y análisis comparativo

La estación de trabajo concerniente permite ensamblar diferentes modelos y tamaños de turbinas realizando ajustes y cambio de herramental de los dispositivos que se consideran de tipo de manufactura flexible. El tiempo que se tarda un operario en montar y ajustar los herramientas influye de una directa en el proceso de producción, afectando o mejorando la eficiencia de la operación.

El objetivo de realizar un estudio de tiempos en esta parte de la actividad, es para verificar que la propuesta de rediseño puede agregar valor al proceso optimizando la estación de trabajo y mejorando aspectos técnicos, como el tiempo y numero de secuencias de operaciones, en el proceso de cambio de herramientas del dispositivo.

El estudio de tiempos correspondiente al método actual y la propuesta de rediseño de esta actividad se a continuación; donde se obtuvieron resultados que benefician de forma significativa a la propuesta de rediseño:

- En cuestiones del tiempo requerido para realizar el cambio de herramental del dispositivo, se obtiene que el método propuesto ofrece una ventaja ante el método actual, reduciendo significativamente el tiempo de operación.
- Referente al número de secuencias de operación, el método propuesto requiere un mayor número de movimientos ante el método actual, lo cual pone en desventaja a la propuesta de rediseño a pesar de no afectar el tiempo de operación.

Los resultados obtenidos y de los cuales se deducen las anteriores afirmaciones se resumen en forma de tabla a continuación:

| Método | Tiempo de proceso (seg) | Secuencias de movimiento |
|--|--------------------------------|---------------------------------|
| Actual | 152.6 | 20 |
| Propuesto | 101.9 | 32 |
| Diferencia (actual-propuesto) | 50.7 | -12 |

| LAYOUT | | ANÁLISIS - MOST | | | | | |
|---------------------------|--|---|---|-------|-------------------|-------------|--------------|
| | | OPERACIÓN: CAMBIO DE PLANTILLAS DE DISPOSITIVO PARA ENSAMBLE DE TURBINAS (METODO PROPUESTO) | | | | | |
| | | INICIO DEL PROCESO: ESTACIÓN DE TRABAJO DE ENSAMBLE DE TURBINAS | | | | | |
| | | TERMINO DEL PROCESO: ESTACIÓN DE TRABAJO DE ENSAMBLE DE TURBINAS | | | | | |
| | | REALIZA: MARIO ALBERTO MARTINEZ DE ITA | | | FECHA: 03/12/2013 | | |
| No. | ACTIVIDAD | L | MODELO DE SECUENCIA | FREC. | TMU (x10) | TMU REAL | SEG |
| 1 | Tomar llave Allen y aflojar tornillos de dispositivo hembra | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 40 | 370 | 13.32 |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_1 L_6 A_0 B_0 P_0 A_1$ | 3 | 330 | | |
| 2 | Colocar llave Allen en mesa de trabajo | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 40 | 60 | 2.16 |
| | | D | $A_0 B_0 G_0 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 20 | | |
| 3 | Quitar tornillos de forma manual del dispositivo y colocar en mesa | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 3 | 120 | 780 | 28.08 |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 M_1 X_{18} I_0 A_1$ | 3 | 660 | | |
| 4 | Desmontar dispositivo hembra y colocar en lugar correspondiente | I | $A_1 B_0 G_1 A_3 B_3 P_1 A_3$ | 1 | 120 | 120 | 4.32 |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 A_3 B_3 P_1 A_3$ | 1 | 120 | | |
| 5 | Desmontar disco y colocar en lugar correspondiente | I | $A_1 B_0 G_1 A_3 B_3 P_1 A_1$ | 1 | 100 | 100 | 3.6 |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 A_3 B_3 P_1 A_1$ | 1 | 100 | | |
| 6 | Tomar disco correspondiente y montar en dispositivo macho | I | $A_1 B_3 G_1 M_6 X_1 I_0 A_1$ | 1 | 130 | 130 | 4.68 |
| | | D | $A_1 B_3 G_1 M_6 X_1 I_0 A_1$ | 1 | 130 | | |
| 7 | Tomar dispositivo hembra correspondiente y montar en el dispositivo macho | I | $A_3 B_3 G_1 M_6 X_1 I_0 A_1$ | 1 | 150 | 150 | 5.4 |
| | | D | $A_3 B_3 G_1 M_6 X_1 I_0 A_1$ | 1 | 150 | | |
| 8 | Tomar tornillos de mesa de trabajo y atornillar manualmente en dispositivo | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 3 | 120 | 780 | 28.08 |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 M_1 X_{18} I_0 A_1$ | 3 | 660 | | |
| 9 | Tomar llave Allen y atornillar tornillos | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 40 | 280 | 10.08 |
| | | D | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_1 F_3 A_0 B_0 P_0 A_1$ | 3 | 240 | | |
| 10 | Colocar llave Allen en mesa de trabajo | I | $A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 40 | 60 | 2.16 |
| | | D | $A_0 B_0 G_0 A_1 B_0 P_0 A_1$ | 1 | 20 | | |
| | | I | | | | | |
| | | D | | | | | |
| | | I | | | | | |
| | | D | | | | | |
| | | I | | | | | |
| | | D | | | | | |
| | | I | | | | | |
| | | D | | | | | |
| | | I | | | | | |
| | | D | | | | | |
| | | I | | | | | |
| | | D | | | | | |
| SECUENCIAS TOTALES | | 32 | TIEMPO TOTAL | | | 2830 | 101.9 |

4.5.- Conclusiones del capítulo

La utilización del estudio de tiempos predeterminados MOST en la presente investigación permitió la visualización y medición de la cantidad de tiempo y número de movimientos utilizados en los procesos donde intervienen de forma directa o indirecta los dispositivos de ensamble y fijación. De esta manera se realizó un comparativo de los resultados obtenidos con el propósito de determinar si la propuesta generada a partir de este proyecto agregaba valor a aspectos técnicos del método utilizado en la estación de trabajo de ensamble de turbinas.

Se determinó que el sistema MOST ofrece ciertas ventajas con referencia a los diferentes estudios de tiempos existentes. Estas ventajas se pueden resumir de la siguiente manera: velocidad en la realización del estudio, reducción de material de trabajo al simplificar las actividades en secuencias, visualización de los resultados de una manera ordenada, fácil y simplificada, además de ser aplicable en procesos generales. El hecho de utilizar secuencias de movimiento permite realizar el estudio de tiempos a métodos actualmente utilizados y a los que no están implementados al momento de la partición, lo cual apoya a la parte de la propuesta al permitir realizar el análisis. Por tal razón se desarrolló un formato de registro para el sistema MOST diseñado especialmente para las necesidades del proyecto, brindando al analista y lector una ventaja al consultar de una manera simple los resultados de la propuesta.

De esta manera se concluyó que un estudio de tiempos predeterminados es buena alternativa para utilizarlo como método de comprobación en el presente proyecto, debido a las ventajas y desventajas que el mismo ofrece y la forma en la cual se muestran los resultados.

Como resultado de dicho sistema de medición del trabajo, se obtienen que la propuesta de rediseño de los dispositivos de montaje y sujeción de la estación de ensamble de turbinas CRH agrega un valor significativo y cumple con el objetivo general de dicha investigación, satisfaciendo la hipótesis planteada y mejorando aspectos técnicos de la misma, ya que es posible reducir el tiempo de proceso en un 40% (128 seg) y el tiempo requerido para el cambio de herramientas de un modelo a otro en un 35% (50 seg). Esto posible gracias a la utilización y aplicación de diversas herramientas de ingeniería y un previo estudio de la funcionalidad de los dispositivos y centro de trabajo correspondiente.

BIBLIOGRAFÍA

TEXTOS

Chang Y., Richard. (1996). *Mejora continua de Procesos*. España, Barcelona: Ediciones Granica

Flores, Cecilia. (2001). *Ergonomía para el diseño*, (1ª edición). México, Mex.: Designio.

García Criollo, Roberto. (2002). *Estudio del trabajo*. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. (2ª Edición). México, Mex. : Mc Graw Hill.

Kanawaty, George. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*, (4ª edición). Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.

Zandin, Kjell B. (2003). *MOST, Work Measurement Systems*, (4ª edición). Nueva York, EUA: Marcel Dekker, Inc.

Martínez, Bernardo; Almeida, Eduardo. (2005). *Como organizar un trabajo de investigación*, (1ª edición). Puebla, México: Cosmografik

Maynard, Harold; Kjell Zandin. (1996). *Manual del Ingeniero Industrial*, (4ª edición). México, Mex.: Mc Graw Hill.

Meyers, Fred E. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos: para la manufactura ágil*, (2ª edición). México, Mex.: Pearson Educación.

Meyers, Fred. E.; Stephens, Matthew P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*, (3ª edición). España, Madrid: Pearson Educación.

Mondelo, Pedro; Gregori, Enrique; Barrau, Pedro. (1999). *Ergonomía I. Fundamentos*, (3ª edición). España, Barcelona: Edicions UPC.

Mondelo, Pedro; Gregori, Enrique; Barrau, Pedro. (1999). *Ergonomía III. Diseño de puestos de trabajo*, (2ª edición). España, Barcelona: Edicions UPC.

Niebel, Benjamín W. (1996). *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*, (11ª edición). México, D.F: Alfa Omega.

Shingo, Shingeo. (1990). *Una revolución en la producción: El sistema SMED*, (4ª edición). Portland, OR: Productivity Press.

Shingo, Shingeo. (1986). *Zero quality control: Source Inspection and the Poka Yoke System*, (1st edition). Portland, OR: Productivity Press.

Velazco Sánchez, Juan. (2005). *Gestión de la calidad, mejora continua y sistemas de gestión*. España, Madrid: Pirámide.

Moring Faires, Virgil. (1997). *Diseño de elementos de máquinas*. España, Barcelona: Montaner y Simón S.A.

FUENTES ELECTRÓNICAS

Del Vigo, I., Villanueva, J. (2009). *Reducción de tiempos de fabricación con el sistema SMED*.

[Documento PDF]. Disponible en:

<http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/55/40/a40.pdf>

Ingeniería Industrial. (2003) Las 5's. [En red]. Consultado el 29 de Abril de 2014, disponible en:

<http://ingenieriaindustrial1.wordpress.com/5s/>

Párraga V., María del Rosario. (2001). *Importancia del diseño de la estación de trabajo y la buena postura*. [En red]. Consultada el 20 de Octubre de 2012, disponible en:

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v04_n1/importancia.htm

Párraga V., María del Rosario. (2003). *Diseño correcto de la estación de trabajo*. Recuperado el 16 de enero de 2014, disponible en:

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6_n1/pdf/dise%C3%B1o.pdf

S&P Sistemas de Ventilación. (2013). *Centros de I+D+i*. [En red]. Consultado el 18 de Enero de 2014, disponible en: <http://www.solerpalau.es/es-es/centros-de-idi/>

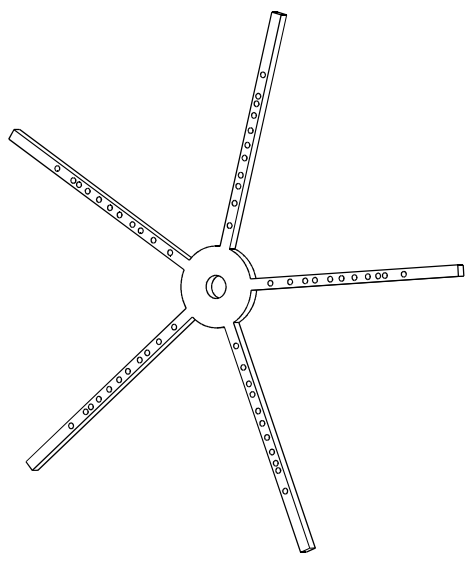
Soler&Palau. (2011). *Extractores centrífugos de tejado*. [Documento PDF]. Disponible en: http://www.soler-palau.mx/ima/products/pdf/278_06102013_CRH.pdf

S&P México Soluciones Innovadoras. (2013). *Productos*. [En red]. Consultado el 18 de Enero de 2014, disponible en: <http://www.soler-palau.mx/lineas-de-productos-soler-palau/>

S&P USA Ventilation Systems, LLC. (2012). *S&P History*. [En red]. Consultada el 18 de Enero de 2014, disponible en: <http://www.solerpalau-usa.com/company.html>

A B C D E F G H

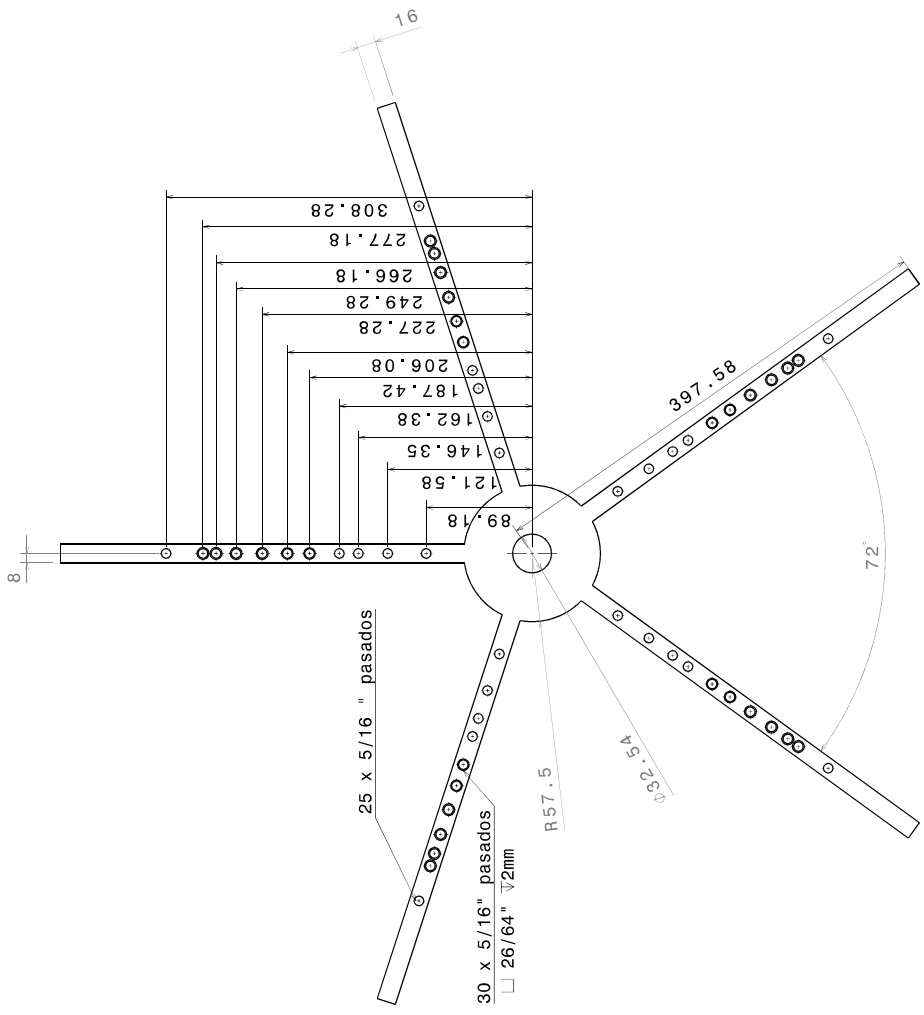
8 7 6 5 4 3 2 1



Isometric view
Scale: 1:5



Front view
Scale: 1:3



Front view
Scale: 1:3



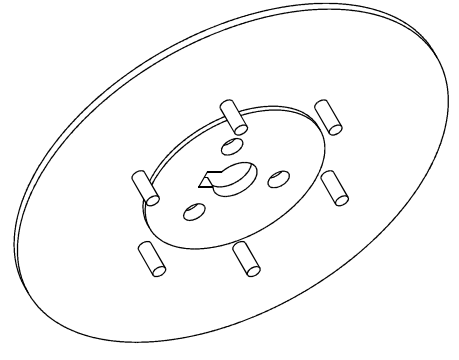
| | | | |
|--|----------|----------------------|--------------------|
| DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA | | NOMBRE | |
| FECHA | 17/10/12 | DISPOSITIVO ESTRELLA | |
| NOTAS: ACOTACIONES ESPECIFICADAS EN SISTEMA INTERNACIONAL (mm) BARRIOS ESPECIFICADOS EN SISTEMA INGLES (LPI) | | | |
| REVISADO POR | FECHA | SIZE | MATERIAL |
| DISEÑADO POR | FECHA | A2 | NYLAMID M |
| MARIO MARTINEZ | 07/10/12 | ESCALA | 1:3 PESO (kg) 2.04 |
| | | | SHEET 1/1 |

A B C D E F G H

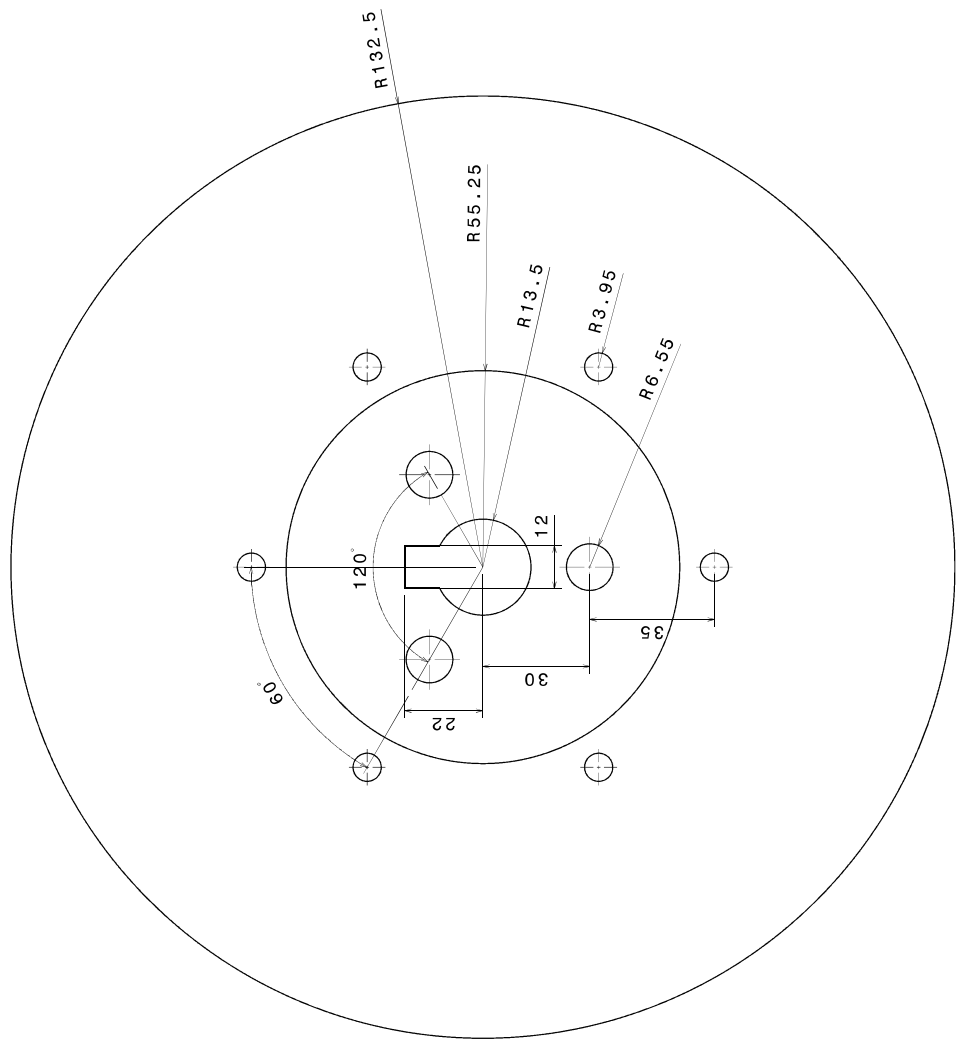
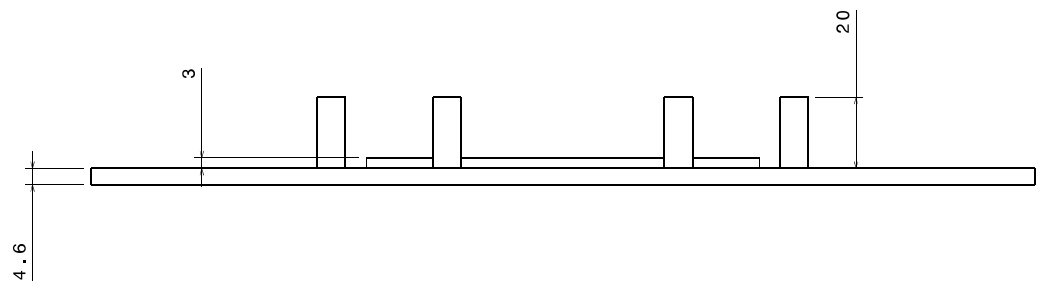
8 7 6 5 4 3 2 1

V B C D E F G H

8 7 6 5 4 3 2 1



Isometric view
Scale: 1:2

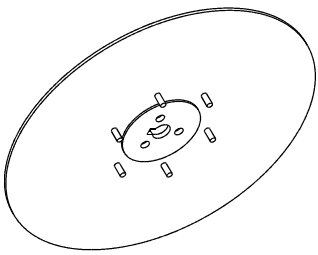


| | | | |
|---|-------------------|--|----------------------|
| DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA marioa_5790@hotmail.com | | DISPOSITIVO DISCO | |
| FECHA 17/10/12 | Mod. 10 | NOTAS ACOTACIONES ESPECIFICADAS EN SISTEMA INTERNACIONAL (mm) | |
| REVISADO POR | FECHA | MATERIAL A2 | TAMAÑO ACERO 1018 |
| DISEÑADO POR MARIO MARTINEZ | FECHA 01/10/12 | ESCALA 1:1 | PESO (kg) 2.26 |
| | | SHEET 1/1 | SHEET 1/1 |

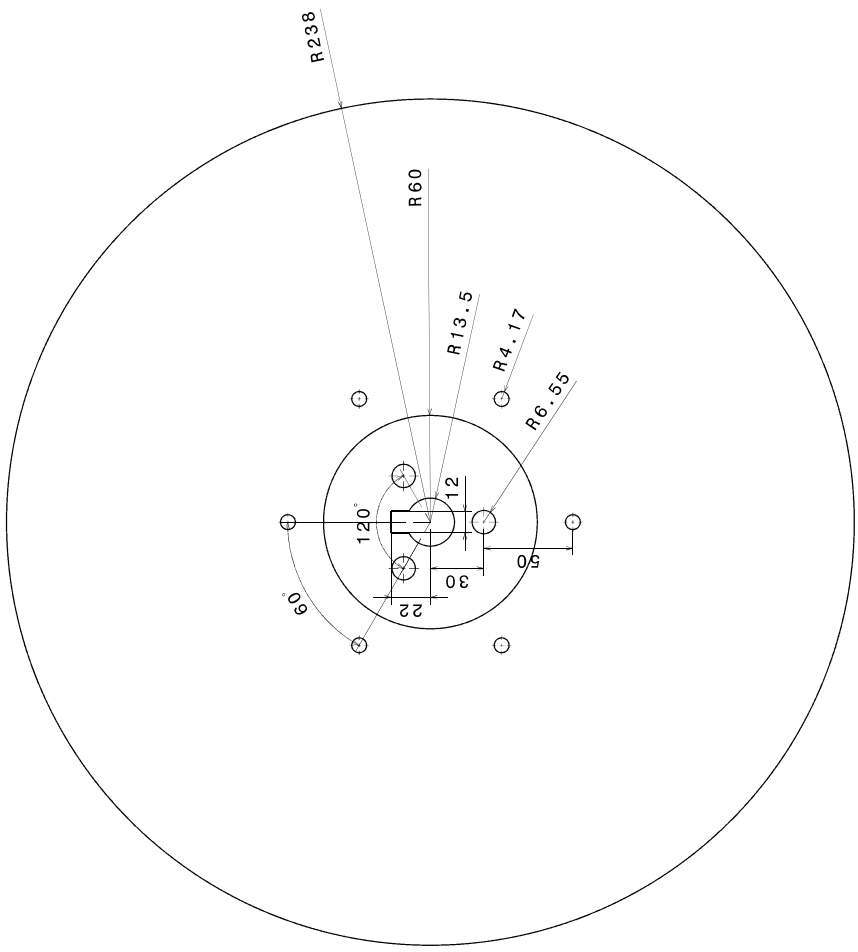
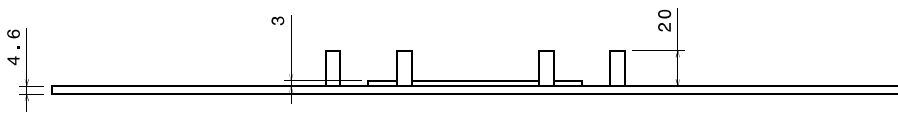
A B C D E F G H

V B C D E F G H

8 7 6 5 4 3 2 1



Isometric view
Scale: 1:5

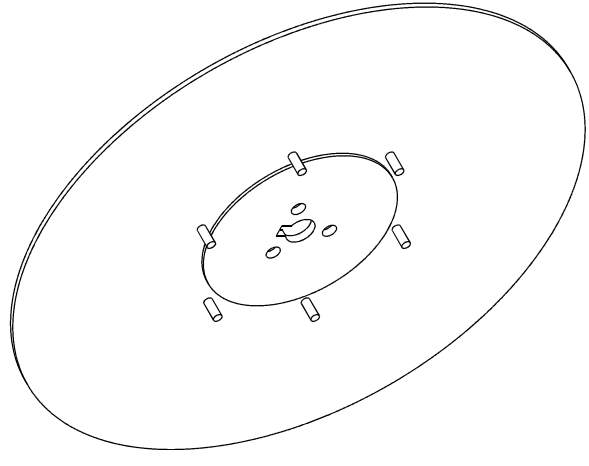


| | | | |
|--|-------------------|-------------------|------------------------|
| DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA mariodi_5790@hotmail.com | | DISPOSITIVO DISCO | |
| FECHA 02/12/13 | Mod. 12, 15, 18 | | |
| NOTAS ACOTACIONES ESPECIFICADAS EN SISTEMA INTERNACIONAL (mm) | | | |
| REVISADO POR | FECHA | TAMAÑO A2 | MATERIAL ACERO 1018 |
| DISEÑADO POR MARIO MARTINEZ | FECHA 01/10/12 | ESCALA 1:1 | PESO (kg) 6.75 |
| | | SHEET 1/1 | |

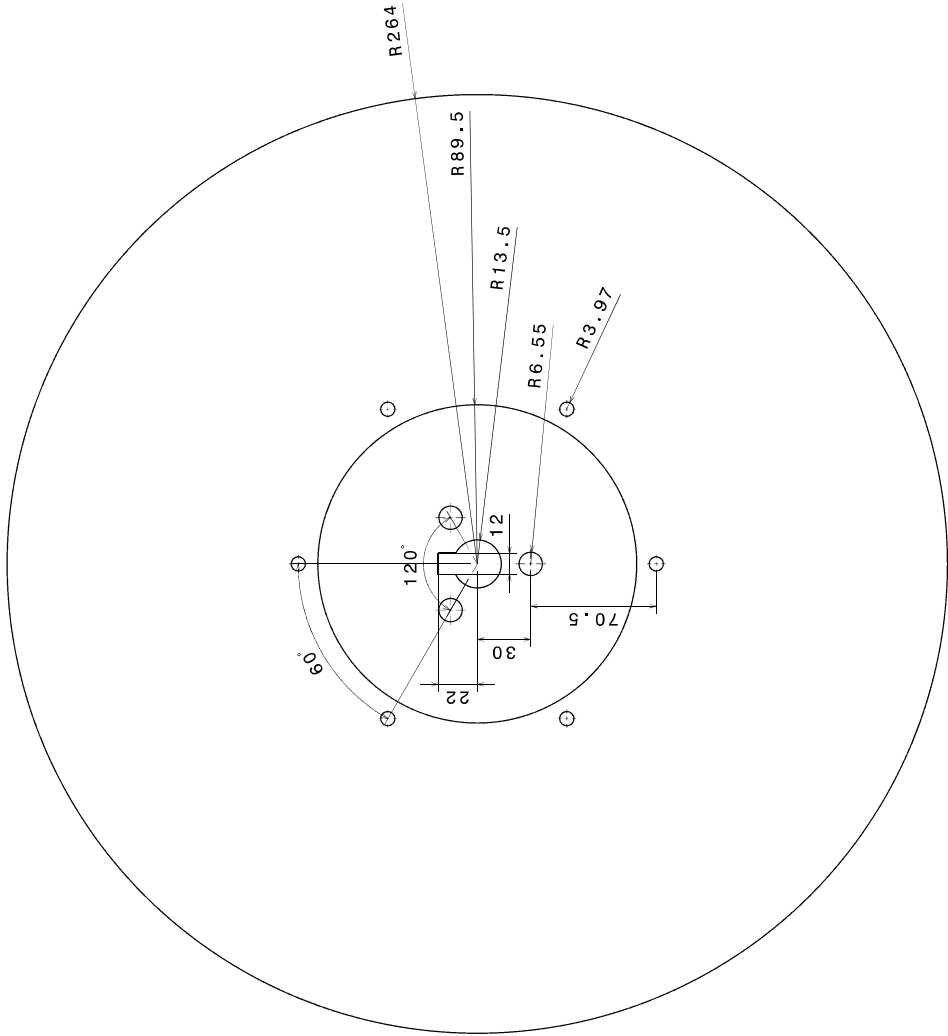
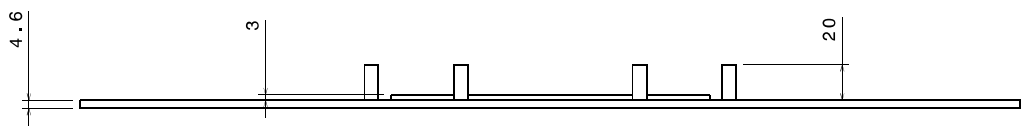
A B C D E F G H

A B C D E F G H

8 7 6 5 4 3 2 1



Isometric view
Scale: 1:3

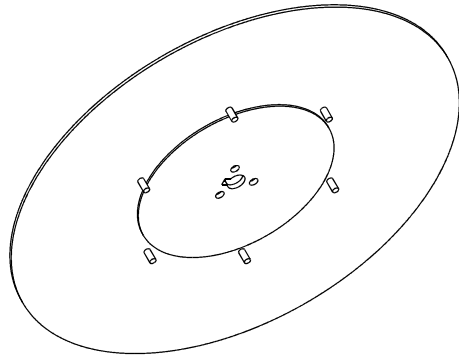


| | | | |
|--|-------------------|---|--------------|
| DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA marioaodi_5790@hotmail.com | | DISPOSITIVO DISCO Mod. MEDIA 15-18,20 | |
| REVISADO POR MARIO MARTINEZ | FECHA 01/10/12 | MATERIAL A2 | TAMAÑO A2 |
| NOTAS ACOTACIONES ESPECIFICADAS EN SISTEMA INTERNACIONAL (mm) | | | |
| ESCALA 1:1 | PESO (kg) 8.56 | ACERO 1018 | SHEET 1/1 |

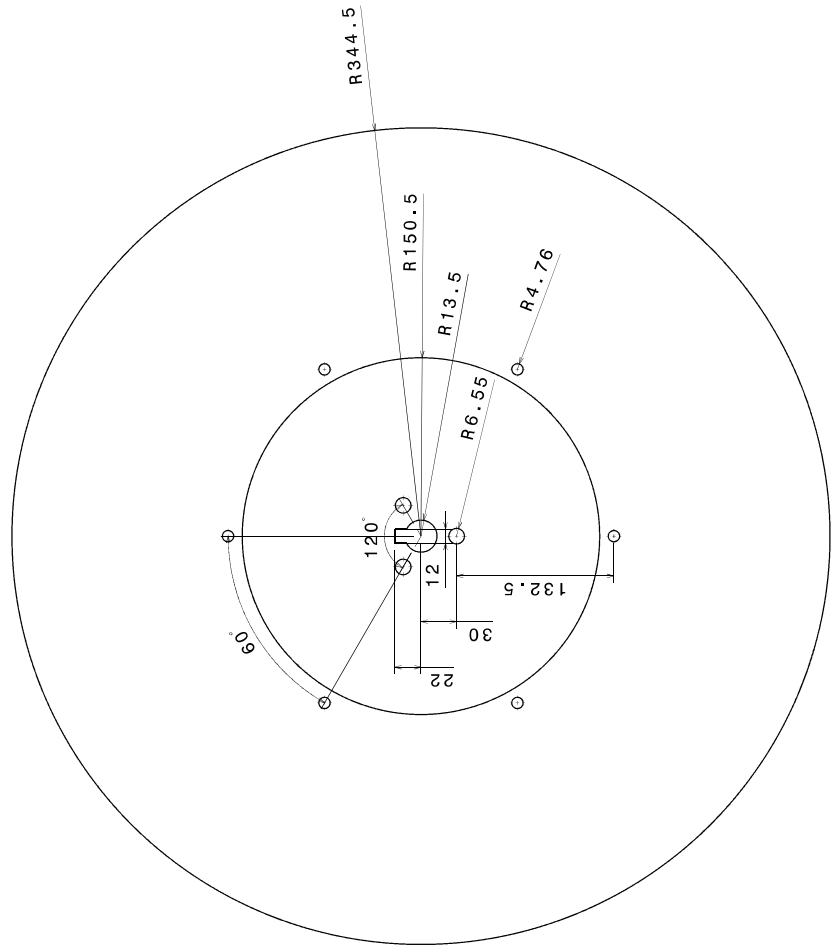
1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F G H

8 7 6 5 4 3 2 1



Isometric view
Scale: 1:5

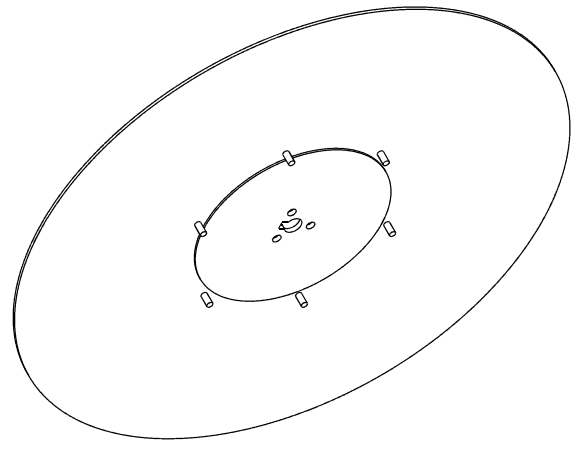


| | | | |
|--|--|---|-------------------------------|
| DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA marioa_5790@hotmail.com FECHA 17/10/12 | DIBUJADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA marioa_5790@hotmail.com FECHA 17/10/12 | DISPOSITIVO DISCO Mod. 22,24,26 | |
| | | NOTAS ADOPTACIONES ESPECIFICADAS EN SISTEMA INTERNACIONAL (mm) | MATERIAL ACERO 1018 |
| REVISADO POR FECHA | TAMAÑO A2 | ESCALA 1:1 | PESO (kg) 15.17 |
| DISEÑADO POR MARIO MARTINEZ 01/10/12 | SHEET 1/1 | SHEET 1/1 | |

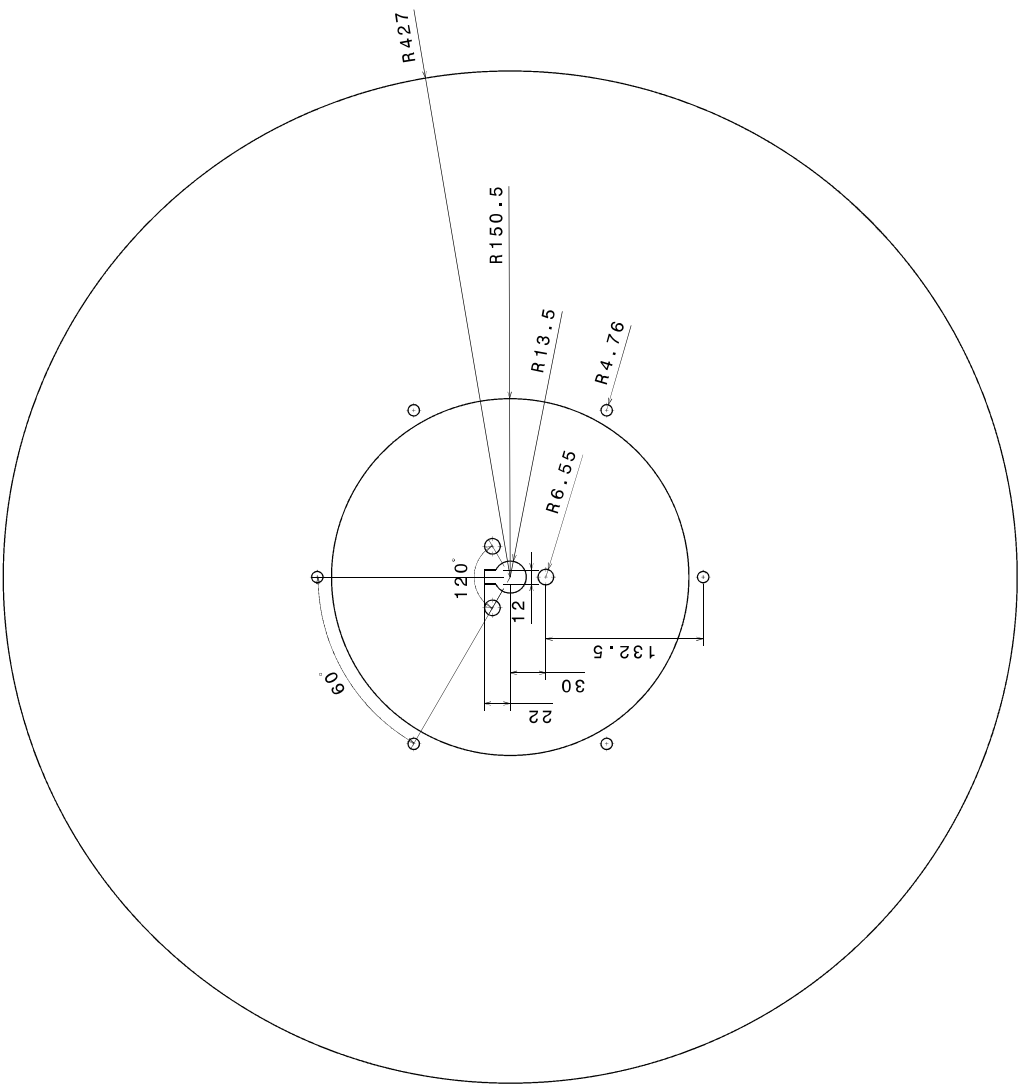
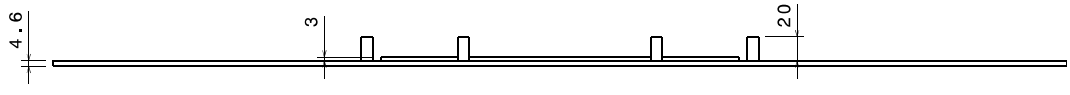
H G B A

A B C D E F G H

8 7 6 5 4 3 2 1



Isometric view
Scale: 1:5

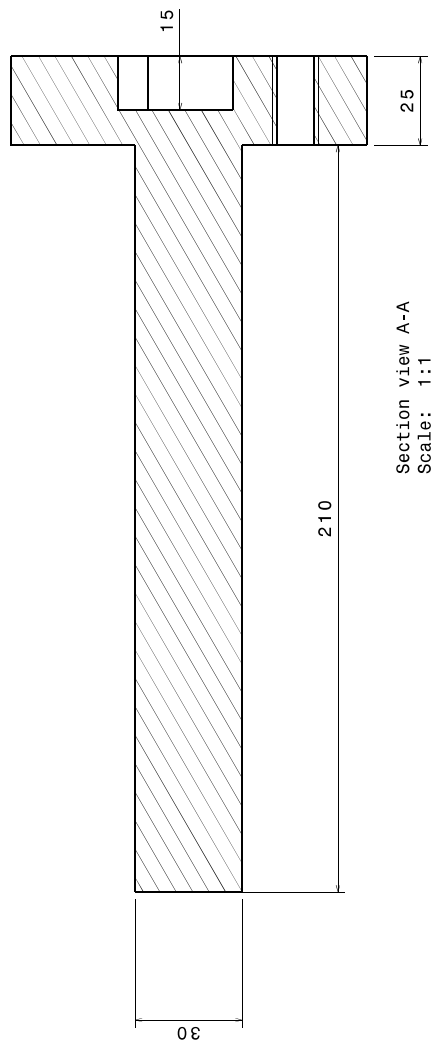
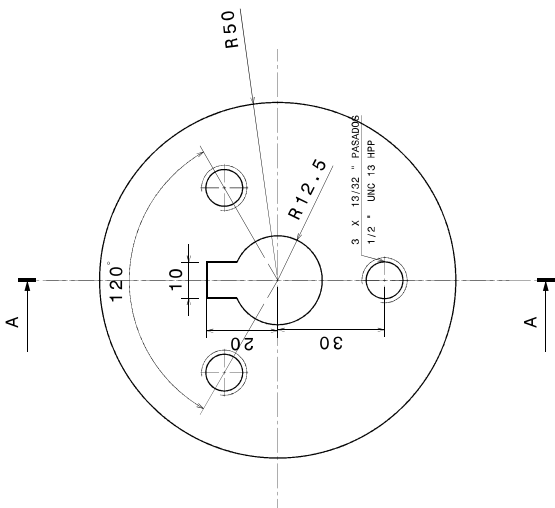


| | | |
|---|--|-----------------|
| DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA marioa_5790@hotmail.com | DISPOSITIVO DISCO | |
| | MOD. 28,30,33 | Mod. 28,30,33 |
| REVISADO POR | MATERIAL | ACERO 1018 |
| DISEÑADO POR MARIO MARTINEZ | ESCALA 1:1 | PESO (kg) 22.40 |
| FECHA 17/10/12 | NOTAS ACOTACIONES ESPECIFICADAS EN SISTEMA INTERNACIONAL (mm) | SHEET 1/1 |

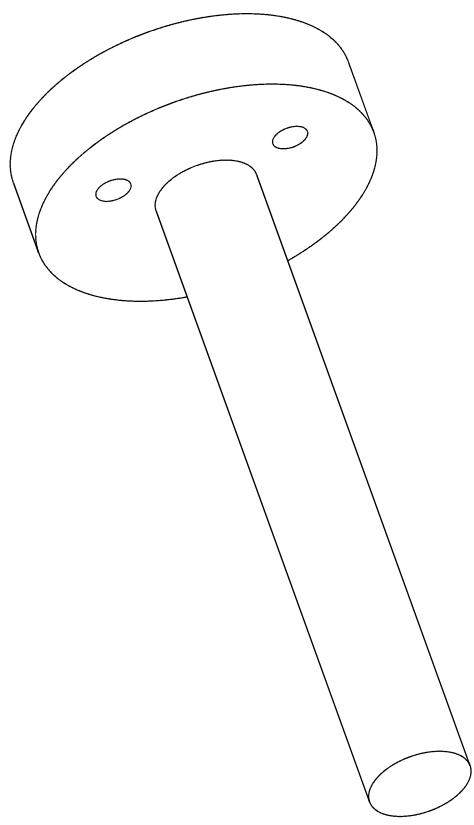
1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F G H

8 7 6 5 4 3 2 1



Section view A-A
Scale: 1:1



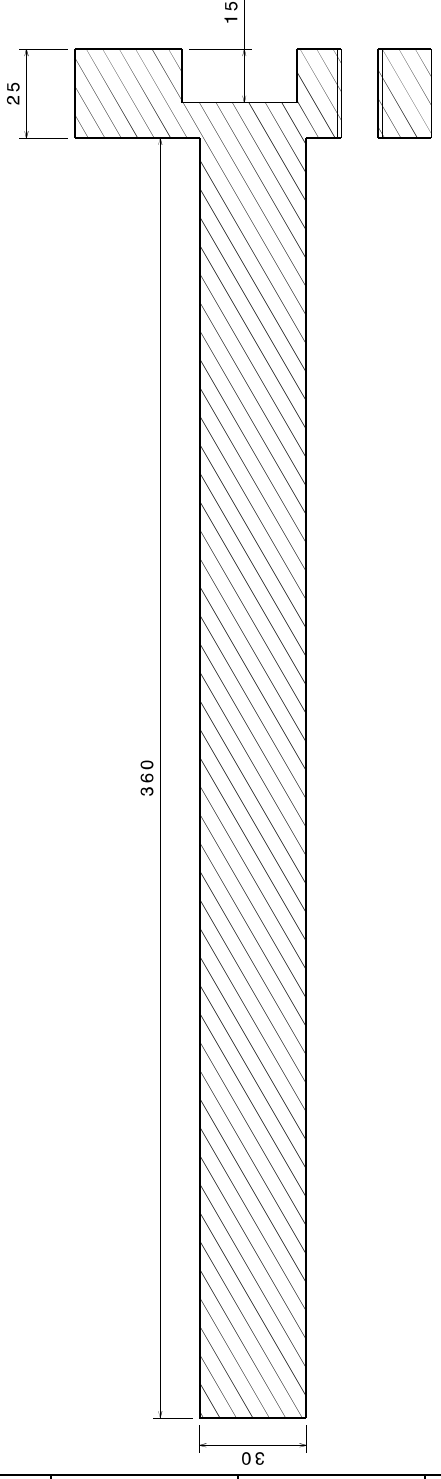
Isometric view
Scale: 1:1



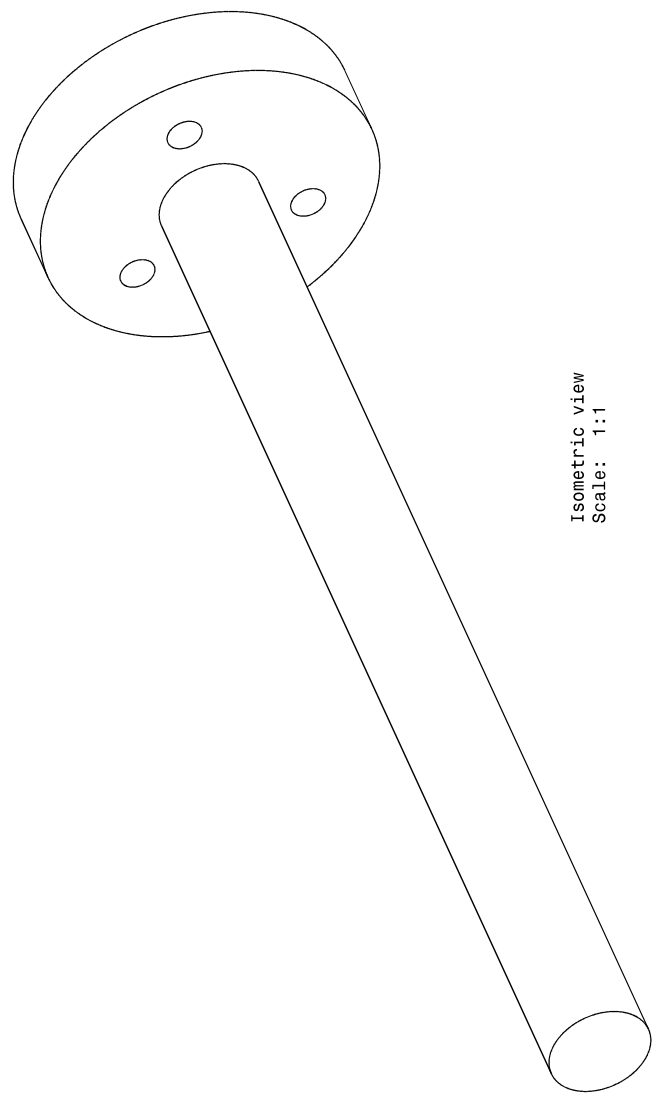
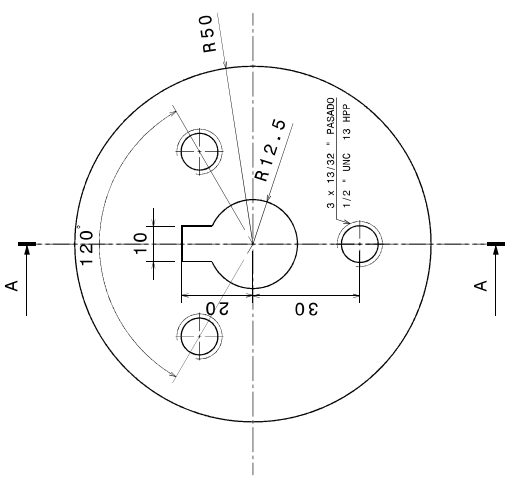
| | | | |
|---|-------------------|------------------------|-------------------|
| DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA marioadi_5790@hotmail.com | | DISPOSITIVO HEMBRA | |
| FECHA 10/10/12 | Mod. 10 | MATERIAL ACERO 1018 | |
| NOTAS ADAPTARSE ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA INTERNACIONAL (SI) ROSCAS Y BARREROS ACOTADOS EN SISTEMA INGRES (UI) | | | |
| REVISADO POR MARIO MARTINEZ | FECHA 01/10/12 | ESCALA 1:1 | PESO (kg) 3.89 |
| | | SHEET 1/1 | A |

V B C D E F G H


8 7 6 5 4 3 2 1



Section cut A-A
Scale: 1:1



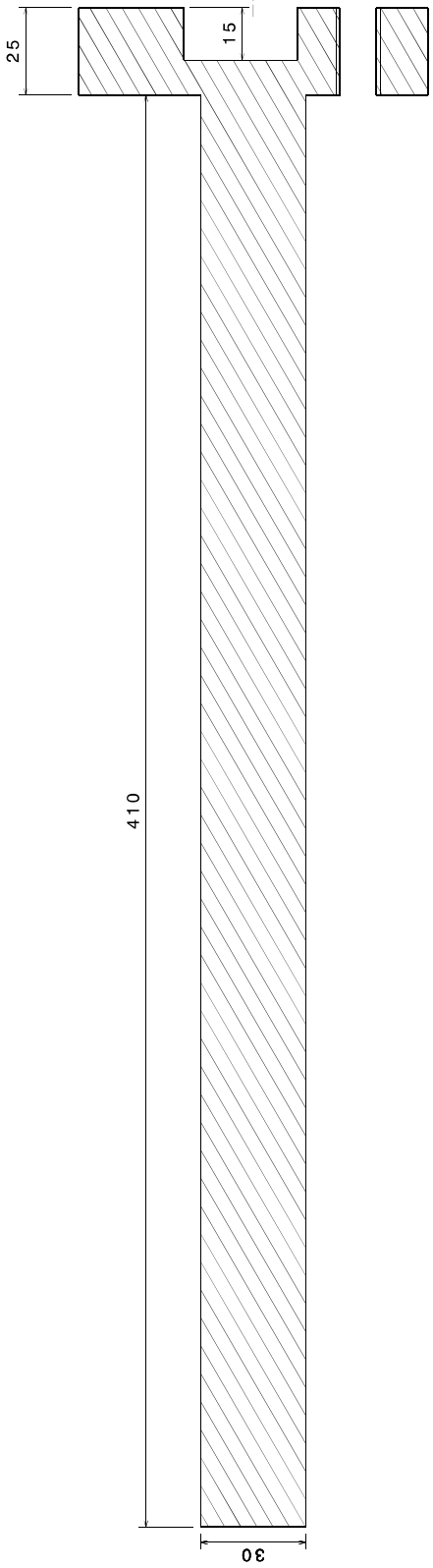
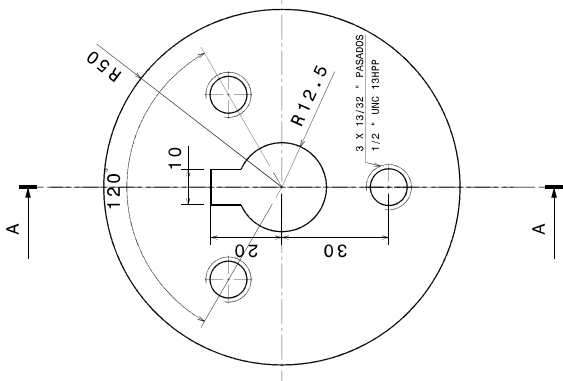
Isometric view
Scale: 1:1

| | | | | |
|---|---|------------------------|--------------------|-----------|
|  | DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA marioa_i_5790@hotmail.com | | DISPOSITIVO HEMBRA | |
| | FECHA 10/10/12 | Mod. 12,15,18 Y MEDIAS | | |
| NOTAS APLICAR LAS ESPECIFICACIONES DE ACERO INTERNACIONAL (API) ROSCAS Y HERRAMIENTAS ESPECIFICADAS EN SISTEMA INGRES (DIN) | | MATERIAL ACERO 1018 | | |
| REVISADO POR MARIO MARTINEZ | FECHA 01/10/12 | ESCALA 1:1 | PESO (kg) 4.64 | SHEET 1/1 |

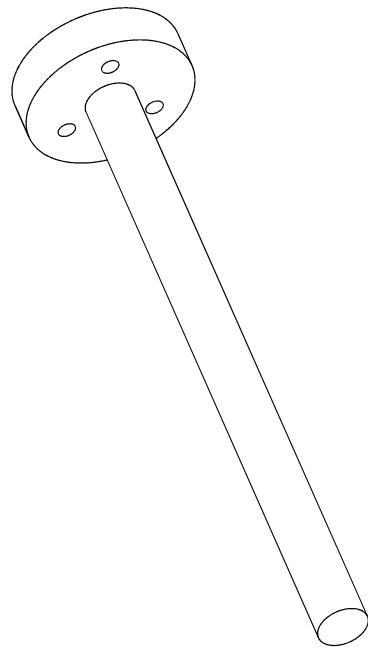
H B A

A B C D E F G H


8 7 6 5 4 3 2 1



Section cut A-A
Scale: 1:1



Isometric view
Scale: 1:2

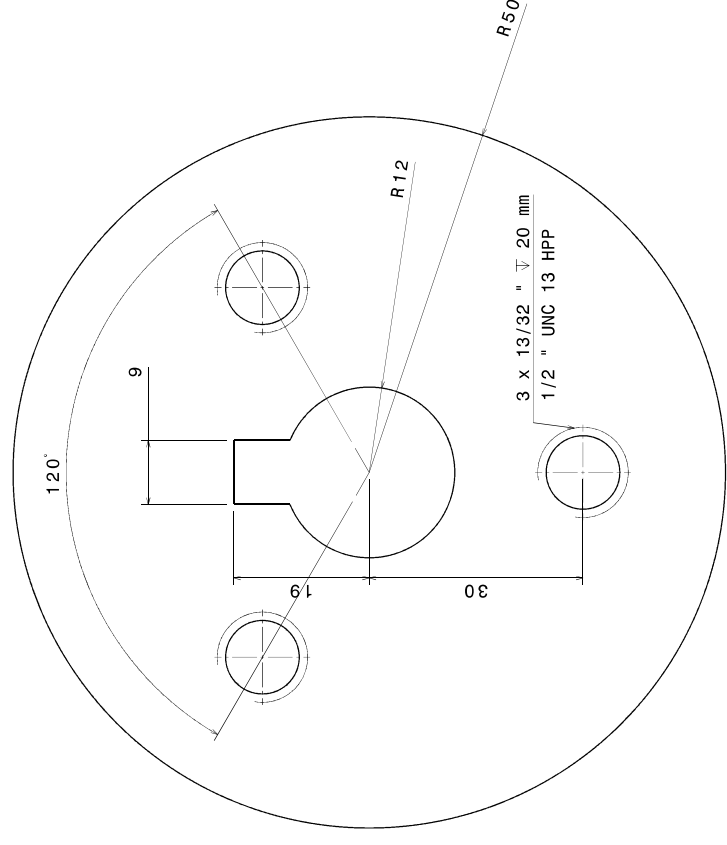
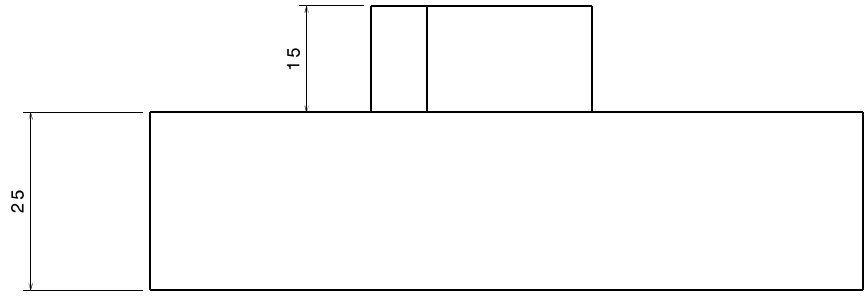
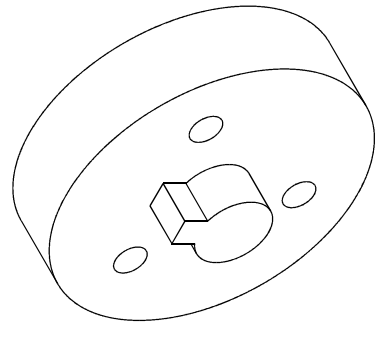
| | | |
|---|---|---------------------------|
|  | DISEÑADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA marioa_i_5790@hotmail.com | DISPOSITIVO HEMBRA |
| | FECHA 10/10/12 | Mod. 22, 24, 26 |
| REVISADO POR MARIO MARTINEZ | FECHA 01/10/12 | MATERIAL ACERO 1018 |
| DISEÑADO POR MARIO MARTINEZ | FECHA 01/10/12 | ESCALA 1:1 PESO (kg) 5.41 |
| NOTAS TAMAÑO A2 ACERO 1018 | | SHEET 1/1 |

A B C D E F G H

8 7 6 5 4 3 2 1

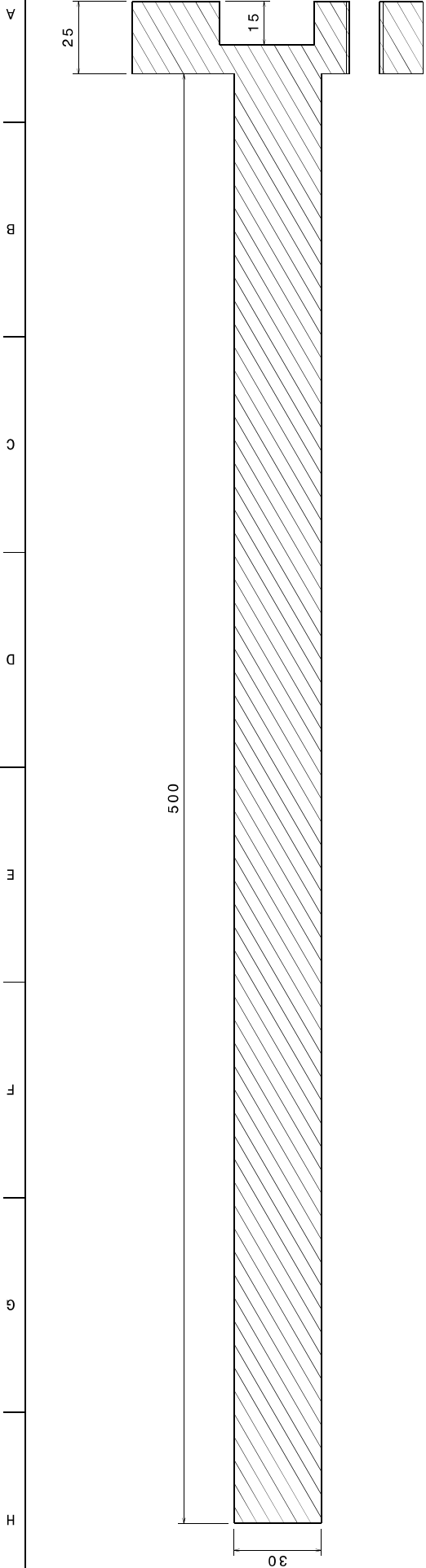
V B C D E F G H

8 7 6 5 4 3 2 1

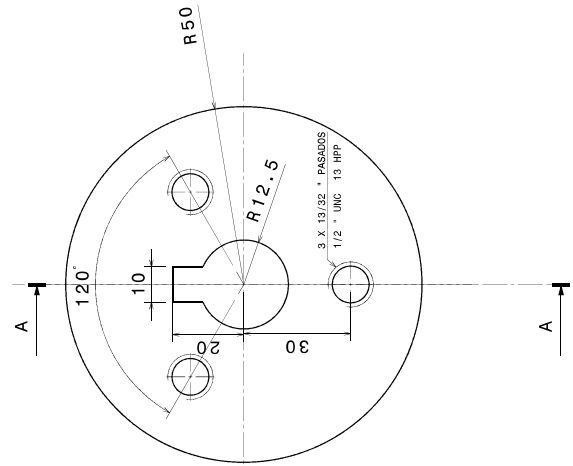


| | | | |
|---|--|------------------------------------|--|
| DIBUJADO POR MARIO A. MARTINEZ DE ITA mar-10@el_57800@hotmail.com | | NOMBRE DISPOSITIVO MACHO | |
| FECHA 10/10/12 | | MATERIAL ACERO 1018 | |
| REVISADO POR MARIO MARTINEZ | | ESCALA 2:1 | |
| FECHA 01/10/12 | | PESO (kg) 1.863 | |
| DISEÑADO POR MARIO MARTINEZ | | SHEET 1/1 | |

H G B A




Section cut A-A
Scale: 1:1



Isometric view
Scale: 1:2



| | | | | | |
|--|----------------|----------|--|--------------------|-----|
|  | REVISADO POR | FECHA | MATERIAL | DISPOSITIVO HEMBRA | |
| | MARIO MARTINEZ | 01/10/12 | ACERO 1018 | ESCALA | 1:1 |
| DISEÑADO POR | | FECHA | NOTAS | | |
| MARIO MARTINEZ | | 01/10/12 | 3 X 13/32" PASAJOS 1/2" UNC 13 HPP R12.5 R50 10/10/12 Mod. 28,30,33 | | |
| DIBUJADO POR | | FECHA | MARIO A. MARTINEZ DE ITA mariodi_57300@hotmail.com | | |
| APLICACIONES INDUSTRIALES EN ACERO INOXIDABLE (ISI) ROSCAS Y FABRICAS ACROTES EN SISTEMAS TUBER (IST) | | TAMANO | | SHEET | |
| | | A2 | | 1/1 | |
| | | 5.701 | | A | |