

**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Javier Eduardo
Apellido (s):	González González
Código:	20142375106
E-mail:	jlp18_1127@hotmail.com
Teléfono fijo:	7765693
Celular:	3142383308



INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MAQUINA ROTATIVA PARA PROCESOS DE PINTURA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS DE TECMO S.A.	
Duración (estimada):	Cinco meses	
Tipo de Proyecto: (Marque con una "x")	Innovación y desarrollo tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y servicios tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otros	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Trabajo de Grado	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Materiales y procesos de manufactura	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Resistencia de materiales, diseño de máquinas	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	Ing. Mauricio González Colmenares
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	Ing. Mauricio González Colmenares

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MAQUINA ROTATIVA PARA PROCESOS DE
PINTURA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS
DE TECMO S.A.

PROYECTO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

JAVIER EDUARDO GONZÁLEZ GONZÁLEZ
COD: 20142375106

PRESENTADO A:
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2017

Tabla de contenido

LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE IMÁGENES	6
1. Resumen	7
2. Introducción	7
3. Planteamiento del problema	8
4. Estado del arte	8
5. Justificación	10
6. Objetivos	11
6.1 Objetivo general	11
6.2 Objetivos específicos	11
7. Metodología	12
7.1 Diagnóstico general de proceso:	12
7.2 Diseño general:	12
7.2.1 Cálculos de diseño:	12
7.2.2 Diseño de detalle:	12
7.3 Análisis por elementos finitos:	12
7.4 Fabricación y montaje:	13
7.5 Elaboración de manuales de mantenimiento y usuario:	13
7.6 Puesta en marcha y análisis de resultados:	13
8. Marco Teórico	13
8.1 Correas y Perlines estructurales	13
8.1.1. Descripción de los perfiles de acero formados en frío	14
8.1.2. Ventajas	14
8.1.3. Procesos de fabricación	15
8.1.3.2 Formación en frío	15

8.1.4 Perfiles estructurales	16
8.2 Proceso de pintura	17
8.5 Diseño	18
8.5.1 Ingeniería de detalle	18
8.5.2 Planos de fabricación	19
8.2 FEA (Finite Element Analysis)	19
8.3 Diseño óptimo	20
8.4 Método de los estados límite	21
8.4.1 Estados límite de servicio	21
8.6 Mantenimiento	22
9. Cronograma	24
10.Presupuesto:	25
11. Bibliografía	26

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: Clasificación de los perfiles fabricados por Acesco	19
TABLA 2: Producción según su calibre, acabado y resistencia a la fluencia.....	19
TABLA 3 Producción según dimensiones y geometría.....	20
TABLA 4 CRONOGRAMA.....	26
TABLA 2 PRESUPUESTO.....	28

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Correas y perlines en estructura metálica.....	16
Imagen 2. Proceso de pintura en planta de fabricación de estructuras metálicas Tecmo S.A.....	21
Imagen 3. Finite Element Analysis (FEA).....	23

1. Resumen

Para iniciar, es importante establecer las condiciones de trabajo que actualmente se tienen en la planta de producción de estructuras metálicas de la empresa Tecmo S.A. donde se evidencia la necesidad de implementar herramientas que permitan la disminución en tiempos muertos y mejoras en el proceso de pintura de perlines y correas, elementos principales de cubiertas y fachadas en edificios y bodegas..

Con base en lo anterior, se procederá a generar una metodología de diseño que permita identificar el sistema mecánico que se requiere implementar en la planta de fabricación, el cual tendrá como objetivo optimizar las actividades que se realizan actualmente para el proceso, mejorando la calidad en el acabado de la pieza.

Posteriormente se realizará toda la ingeniería de detalle, planos de fabricación y manual de mantenimiento de la máquina diseñada.

Se realizará seguimiento al proceso de fabricación y ensamble de la máquina, continuo a esto se hará la puesta en marcha de la misma, validando su funcionalidad y eficiencia real en el proceso.

2. Introducción

En las plantas de producción se requiere dinamismo y efectividad en los procesos empleados, minimizando tiempos muertos y aumentando la producción, para tal fin las empresas invierten en tecnología e innovación, generando así eficiencia y productividad en los diferentes procesos realizados.

El crecimiento de la industria metalmecánica en Colombia en los últimos años es notable, siendo el país con mejor perspectiva de crecimiento en el consumo de productos laminados en América Latina, lo que conlleva a un aumento significativo en la demanda de colaboradores del sector industrial.

El sector metalmecánico genera el 15% de todos los empleos industriales del país, con un promedio de 90 mil empleos directos y aproximadamente el triple de indirectos; de ahí la importancia de desarrollar puestos de trabajo más eficientes, aprovechando el potencial y conocimiento del trabajador, velando siempre por el bienestar y la integridad física del mismo.

Así mismo, corresponde a este trabajo el desarrollo de iniciativas en torno al eje de investigación Materiales y proceso de manufactura, del proyecto curricular en Ingeniería Mecánica como una contribución a la gestión de los procesos de acreditación del programa de formación del futuro profesional de la Universidad Distrital.

3. Planteamiento del problema

En la actualidad la necesidad de mejorar los procesos productivos en la planta de producción de estructuras metálicas de Tecmo S.A, mediante el diseño de nuevas herramientas, dispositivos y máquinas se hace cada vez más grande, aumentando la eficiencia y disminuyendo los riesgos en los diferentes puestos de trabajo.

La calidad y el resultado de un trabajo bien dirigido, depende tanto de la preparación y compromiso de los trabajadores como de la calidad e idoneidad de los bienes, medios y herramientas puestos a su disposición. Una buena sintonía y adaptación entre trabajo, herramientas y trabajadores, es condición esencial para alcanzar buenos resultados, por lo que replantear y mejorar el empleo del tiempo de producción mediante el uso de nuevas herramientas conlleva al cumplimiento de estas condiciones.

Es aquí donde el desarrollo de un proyecto de diseño a partir de un proceso investigativo, se efectúa con el fin de proporcionar las herramientas para desarrollar un proceso productivo eficaz en términos de tiempo y calidad, cuyo resultado se ve evidenciado mediante un producto o servicio.

4. Estado del arte

En la industria se han creado numerosos métodos, elementos y máquinas que optimizan el proceso de producción, de los cuales algunos serán analizados de manera estructural y funcional, a continuación:

El trabajo titulado “*Optimización del proceso productivo de la sección de pintura de la empresa Industrias CRUZ HERMANOS S.A. mediante la metodología de Seis Sigma*”¹, se basa en la necesidad de desarrollar optimización del proceso

¹ BERNAL, César y OSORIO, Camilo. Optimización del proceso productivo de la sección de pintura de la empresa INDUSTRIAS CRUZ HERMANOS S.A. mediante la metodología de Seis Sigma. Trabajo de grado en Ingeniería industrial. Bogotá: Universidad Libre de Colombia. Facultad de ingeniería, 2015.

productivo de la sección de pintura de la empresa Industrias Cruz Hermanos S.A. mediante la aplicación de la metodología de Seis Sigma. Recientemente se ha emitido una serie de normas internacionales que contienen requisitos específicos para la estandarización de cada uno de los procesos de las empresas y las infraestructuras críticas más relevantes”.

Lo que los autores pretenden mejorar mediante el proceso de optimización fue:

- Aumento de la calidad, rendimiento, la productividad y la ventaja competitiva.
- Reducción de costos.
- Disminución de los residuos.
- Desarrollo de la cultura organizacional como ventaja competitiva.
- Mejora de los tiempos de ciclo.

La conclusión especificada por parte de los autores, evidencia la disminución del tiempo de reproceso, que es lo que también se pretende eliminar con el actual proyecto.

Otro trabajo destacado respecto al área de pintura en producción, se presenta bajo el título de: *“Diseño y construcción de una máquina automática pulverizadora de pintura en chapas galvanizadas acanaladas para la Empresa CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS”*², el cual fue realizado en tres etapas: Etapa de transporte, etapa de precalentamiento, y etapa de pulverización automática de pintura.

Este trabajo plantea como objetivo principal: “Diseñar y construir una máquina automática pulverizadora de pintura en chapas galvanizadas acanaladas”³, lo que nos da una visión general de cómo manipular piezas metálicas de una longitud considerable.

El autor plantea hacer pruebas de diversos mecanismos y de elementos de pintura con respecto a variaciones hechas en los sistemas, para verificar las configuraciones ideales para dicho proceso. También hace un análisis de costos muy detallado, condición que resaltamos ya que en cuanto a estructura y

² VILLALBA, Fredy Javier. Diseño y construcción de una máquina automática pulverizadora de pintura en chapas galvanizadas acanaladas para la EMPRESA CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS. Carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Matriz Sangolquí. 2015.

³ Ibid,p. 3.

mecanismos resulta muy aproximado a lo que se pretende hacer en el actual proyecto. A pesar de que en el trabajo citado se realiza un proceso de pintura electrostática, las etapas son similares con un proceso de pintura convencional, a excepción de la zona de precalentamiento que se usa en un proceso electrostático.

El autor concluye comparando el rendimiento de un operador realizando el pintado de forma manual de una lámina de 6 metros de largo, quien demora un promedio de 5 min/capa, independiente del tiempo que demora en la preparación de la pintura, su llenado y la ubicación de la lámina, logrando pintar solamente una capa de 12 láminas en una hora o 79,2 m²/hora. La automatización del proceso de pintado ha cumplido el objetivo de disminuir a la mitad el tiempo de aplicación de una capa de pintura ya que se tarda 2,5 min/capa de la misma lámina de 6 metros produciendo dos veces más de lo que se hace manualmente para este producto.

Al hablar acerca de la eficiencia que representa la optimización del proceso de pintura mediante sistemas de movimiento, podemos encontrar algunos elementos comunes a este proyecto, en el trabajo *“Diseño de una cámara para aplicación de pintura electrostática con recuperación de polvo para una empresa metalmecánica”*⁴, en que se presenta el diseño de una cámara de pintura realizado por una empresa fabricante de estructuras metálicas de almacenaje y cuyo objetivo es recuperar el polvo del proceso de pintura electrostática para evitar el desperdicio de pintura y solucionar el problema de la contaminación de los elementos.

Este trabajo concluye con la solución al problema de contaminación de los elementos y a su vez manifiesta la importancia de algunos software de diseño en la elaboración de éste trabajo.

5. Justificación

Dado el creciente desarrollo tecnológico en la actualidad, la industria busca proveer proyectos cada vez más grandes en los que se emplea como materia prima el acero, lo que genera un alto nivel de competitividad en el mercado, por lo

⁴ PAREDES, Christian Leopoldo. “Diseño de una cámara para aplicación de pintura electrostática con recuperación de polvo para una Empresa metalmecánica”. Trabajo de grado en Ingeniería mecánica. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2012.

tanto se hace necesario el desarrollo de máquinas y herramientas que potencien la capacidad del trabajador para efectuar su tarea y a la vez permitir que ésta se desarrolle con la mayor eficiencia posible.

Observando el espacio y bancos de trabajo del proceso de pintura dentro de la planta de producción de estructuras metálicas Tecmo S.A., se detecta la necesidad de desarrollar un sistema mecánico que permita optimizar las tareas necesarias del mismo, mejorando los tiempos de producción actuales y la calidad en cada pieza terminada.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

- Diseñar y fabricar una máquina rotativa para mejora en el proceso de pintura de correas y perlines utilizados en cubiertas y fachadas, para la empresa de estructuras metálicas Tecmo S.A.

6.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso actual que se lleva a cabo para la aplicación de pintura en correas y perlines en la empresa Tecmo s.a.
- Diseñar y analizar por elementos finitos una máquina capaz de mejorar el proceso de pintura, aumentando la producción y optimizando las tareas del mismo.
- Fabricar la máquina para optimizar el proceso de pintura, según diseños y cálculos realizados con anterioridad.
- Entregar toda la ingeniería de detalle, manual de mantenimiento y operación a Tecmo S.A.
- Evaluar el proceso luego de la implementación de la máquina.

7. Metodología

7.1 Diagnóstico general de proceso:

Se establecerá un listado de actividades comprendidas en el proceso, determinando tiempos y problemas evidenciados en cada una de estas, haciendo énfasis en los factores que retrasan la producción y desmejoran la calidad del producto final del proceso.

7.2 Diseño general:

Mediante el diseño de una máquina rotativa se dará una solución a las diferentes fallas y posibles mejoras evidenciadas en el proceso de pintura de la planta de producción para correas y perlines, basado en las restricciones que se presentan en cuanto al área de trabajo y necesidades a satisfacer.

7.2.1 Cálculos de diseño:

En éste punto se calcularán las fuerzas y esfuerzos a los que se vea sometida la máquina, se tendrá en cuenta todas las cargas que se presenten, tales como el peso de las estructuras, el peso de los perlines, y los momentos torsores y flectores que se presenten por la cargas dinámicas.

7.2.2 Diseño de detalle:

Luego de establecer las cargas y esfuerzos, se realizará el diseño estructural y el sistema mecánico que resista los factores de trabajo solicitados, para esta tarea se utilizará una herramienta CAD, modelando y ensamblando cada pieza del conjunto; para los componentes se tendrá en cuenta elementos normalizados y aceros laminados comerciales.

7.3 Análisis por elementos finitos:

Luego de tener el diseño que cumpla con los requerimientos dados, éste será exportado a un software de diseño por elementos finitos (FEA) en el cual se simularán las cargas dinámicas y estáticas a las cuales se ve sometida la máquina

en condiciones normales de trabajo, validando así la operatividad y funcionalidad de la misma.

7.4 Fabricación y montaje:

Una vez validado en el software de diseño, se procederá a generar los planos de fabricación y montaje de la máquina, paralelamente se hará una requisición de materiales y elementos mecánicos con el fin de no retrasar la producción.

Se supervisará y se hará seguimiento a los procesos de corte, armado y resoldado de la estructura, así como también, el ensamble de todo el sistema mecánico que esta conlleva.

7.5 Elaboración de manuales de mantenimiento y usuario:

Se elaborará el manual de operación para estandarizar procesos y facilitar su manejo así como también el manual de mantenimiento teniendo en cuenta las horas de trabajo, cargas y condiciones ambientales a las cuales estará sometida la máquina.

7.6 Puesta en marcha y análisis de resultados:

Se realizarán pruebas de funcionamiento y de acuerdo con la producción requerida para la fecha de puesta en marcha de la máquina, se hará el análisis de resultados evaluando las soluciones de ingeniería a los problemas planteados.

8. Marco Teórico

8.1 Correas y Perlínes estructurales

Son perfiles de acero laminados en frío que conforman elementos estructurales cuya función principal es transferir las fuerzas de la cubierta de un edificio a su estructura principal. Las correas de fachada o perlínes cumplen la misma función en las fachadas.



Imagen 1⁵. Correas y perlines en estructura metálica

8.1.1. Descripción de los perfiles de acero formados en frío

Los perfiles de acero formados en frío son elementos cuyo espesor varía entre 0.4mm y 6.4 mm, empleados en la industria blanca, industria automotriz, equipos contenedores, drenajes y, también, en el sector de la construcción para la fabricación de estructuras metálicas, como correas de cubiertas y como viguetas para sistemas de entrepiso. El uso y desarrollo de estos perfiles están regulados por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10 (capítulo F.4), acorde con las disposiciones del Instituto Americano del Acero y el Hierro (AISI - American Iron and Steel Institute).

8.1.2. Ventajas

Economía de material con eficientes relaciones peso-resistencia para diversos tipos de carga (elementos livianos), lo cual genera flexibilidad y versatilidad en los diseños.

⁵ IMAGEN TOMADA DE: <http://www.tekton.es/tipos-de-obras/fabricacion-de-estructuras/estructura-metalica>

- Fabricación masiva y en serie.
- Excelente acabado para estructuras a la vista.
- Facilidad y rapidez en la instalación.
- Facilidad y rapidez en la instalación.
- Complemento para cualquier sistema estructural debido a su compatibilidad con cualquier material o sistema constructivo.
- Economía y facilidad en el transporte con gran manejabilidad en la obra.
- Material reciclable, recuperable, no combustible y resistente al ataque de hongos.
- Facilidad y sencillez de efectuar uniones en los miembros que conforman la estructura empleándose soldaduras por cordones, remaches en frío, grapas, anclajes, etc.

8.1.3. Procesos de fabricación

8.1.3.1 Materia Prima

El material de trabajo para este proceso son los rollos de acero laminados en caliente, los cuales llegan con impurezas en la superficie (óxidos). Previo al proceso de formación o de galvanización se realiza un proceso de decapado superficial para eliminar esta condición desfavorable, en el cual a las láminas se les aplica una solución de ácido clorhídrico a presión, para finalmente ser enjuagadas con agua. Los rollos de acero que se galvanizan son llevados al laminador en frío en donde se les aplica presión a través de rodillos, disminuyéndoles el espesor hasta el deseado, obteniendo productos de acero con la mejor combinación de propiedades mecánicas, calidad dimensional y acabado superficial.

8.1.3.2 Formación en frío

El proceso de formado en frío se presta para la producción de una gran variedad de secciones. Las operaciones de formado de las láminas se hacen en frío, a temperatura ambiente mediante trenes de configuración predefinida. En este proceso primero se desenrolla la lámina y se pasa por un rodillo de cuchillas ajustables que las cortan en tiras con el ancho deseado, el cual corresponde a la longitud de desarrollo de la sección transversal. Posteriormente estas tiras entran

a una serie de bastidores con parejas de rodillos complementarios que poco a poco transforman las tiras planas en los perfiles deseados.

8.1.4 Perfiles estructurales

Se producen varios tipos de perfiles que presentan una gran variedad de geometrías y dimensiones según las necesidades del diseño. Los espesores de estos perfiles varían entre 1.2 mm hasta 3.0 mm, y las alturas entre 100 mm y 355 mm. Los perfiles formados en frío son complemento ideal en edificaciones de gran altura como estructura secundaria (viguetas) vinculándose a la estructura de concreto o acero y sirviendo de soporte a las placas de entrepiso (Metaldeck u otros sistemas)

Dado que el principal proveedor de estos perfiles estructurales para Tecmo S.A. es Acesco, a continuación se referencia la clasificación de perfiles fabricados por esta empresa:

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES FABRICADOS POR ACESCO	
según su geometría	
Perfiles C	
Perfiles Z	
Segun el acabado	
Perfil negro o pintado (PHR)	
Perfil galvanizado (PAG)	
según sus dimensiones, A x B x C (mm)	
100x50x15	
120x60x15	
150x50x17	
160x60x20	
203x67x19	
220x80x20	
254x67x18	
305x80x25	
35x110x25	
según su espesor "t" en mm o calibre de fabricación	
1.2 mm	Calibre 18 (PAG)
1.5 mm	Calibre 16 (PHR o PAG)
2.0 mm	Calibre 14 (PHR o PAG)
2.5 mm	Calibre 12 (PHR o PAG)
3.0 mm	Calibre 11 (PHR o PAG)

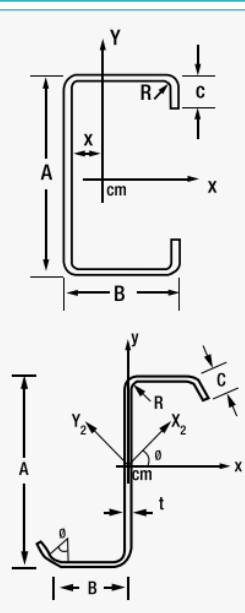


Tabla 1. Clasificación de los perfiles fabricados por Acesco

Espesor	Calibre	PHR (Perfil negro o pintado)	PAG (Perfil Galvanizado)
		Grado 50	Grado 50
1.2 mm	18		✓ Grado 40
1.5 mm	16	✓	✓
2.0 mm	14	✓	✓
2.5 mm	12	✓	✓
3.0 mm	11	✓	✓

Tabla 2. Producción según su calibre, acabado y resistencia a la fluencia

Dimensiones	Perfil C	Perfil Z
100 x 50	✓	
120 x 60	✓	
150 x 50	✓	
160 x 60	✓	✓
203 x 67	✓	✓
220 x 80	✓	✓
254 x 67	✓	✓
305 x 80	✓	✓
355 x 110	✓	✓

Tabla 3⁶. Producción según dimensiones y geometría

8.2 Proceso de pintura

La pintura es un material de recubrimiento en estado líquido, sólido o viscoso que se aplica por medio de un proceso de inyección o por inmersión sobre la superficie de un objeto o elemento, el cual se aplica con ayuda de algunos elementos tales como brochas, rodillos, entre otros (los anteriores elementos se emplean para aplicar de manera manual); de manera industrial se emplea el método de aspersion con aire o sin aire.

⁶ Extraída de: catalogo acesco perfil-c y z grado 50 manual técnico

En cuanto al proceso de pintura en elementos estructurales, además de proporcionar la apariencia y acabado final, consiste en una protección ante sustancias corrosivas (principalmente sales y elementos ambientales como el oxígeno que reacciona con el hierro y forma un óxido), por lo cual durante la etapa de fabricación se suele aplicar inicialmente una capa base de pinturas anticorrosivas antes de la pintura final, teniendo en cuenta que entre el proceso de aplicación de la base anticorrosiva y el proceso de pintura final se debe dejar un tiempo de secado para que la primera seque y no haya contaminación de la pintura final.

Este tiempo de secado aumenta cuando la pieza es de un tamaño considerable y solo es posible aplicar pintura por una cara, ya que si se gira para pintar la otra cara, puede ocasionar daños sobre la que ya está lista.



Imagen 2. Proceso de pintura en planta de fabricación de estructuras metálicas Tecmo. S.A

8.5 Diseño

8.5.1 Ingeniería de detalle

La Ingeniería de Detalle constituye el aspecto más importante en el desarrollo de lo que al inicio solo fue concebido como una posibilidad, como una idea y que en esta etapa del desarrollo se visualiza ya como algo tangible y real. Al inicio,

cuando se desarrolla la ingeniería Básica se toman en consideración todos los aspectos que determinarán el rumbo que tomará la ejecución considerando la viabilidad del proyecto, sin embargo, los detalles de estos aspectos son lo que determinarán la funcionalidad y satisfacción del usuario final.

Cuando iniciamos el desarrollo de la Ingeniería de Detalle ya contamos con los datos previos que nos ayudan a definir los aspectos finos y finales del proyecto. Una vez analizados estos aspectos el proyecto será sometido a un filtro cuya intención es pulir los detalles que pudieran ser considerados un punto débil en la ejecución del mismo.

Algunos de los puntos básicos a desarrollar en la Ingeniería de Detalle en proyectos estructurales son:

Cálculo estructural, estructura, especificaciones generales, especificación de materiales, resistencia, capacidad de carga etc.

Una parte importante de esta Ingeniería son los Planos As Built y en estos se plasma el producto terminado pasado por todos los filtros y adecuaciones necesarios, y es en este punto donde podemos considerar la Ingeniería de Detalle como concluida.

8.5.2 Planos de fabricación

Los planos de fabricación, hace referencia a dibujos elaborados por el fabricante para describir la cantidad, forma, dimensiones, materiales, acabados y otros detalles de la construcción de un elemento. Con ellos contribuimos a asegurarnos que el concepto original se lleve a cabo con precisión en el proceso de la fabricación conforme a las normas y que en este caso, son empleados para el mejoramiento estructural de una máquina de pintura.

8.2 FEA (Finite Element Analysis)

El método de Elementos Finitos (FEA – Finite Element Analysis), es un método numérico para la solución de problemas de ingeniería comúnmente empleado para la resolución de problemas que involucran un alto grado de complejidad de matemáticas aplicadas, así como las físico-matemáticas, ya que la gran mayoría de los problemas que se presentan en estas áreas, involucran geometrías complejas, cargas no distribuidas y determinación de propiedades de materiales,

por lo que generalmente no es posible obtener alguna solución analítica directamente de expresiones matemáticas⁷.

Entre las áreas de la físico-matemática y la ingeniería en las que el uso del método de elementos finitos es aplicado para la solución de problemas se destacan: el análisis de estructura, problemas de transferencia de calor, flujo de fluidos, transporte de masa así como el cálculo de potencial electromagnético.

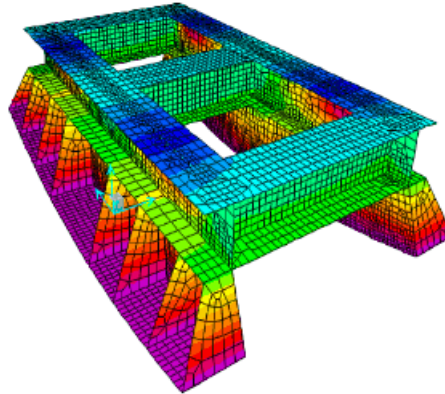


Figura 3. Finite Element Analysis (FEA)

8.3 Diseño óptimo

Por definición, el diseño óptimo de un elemento mecánico consiste en la selección del material y de los valores de los parámetros geométricos independientes, con el objetivo explícito de minimizar un efecto indeseable o de maximizar un requerimiento funcional, teniendo en cuenta que el elemento satisfaga otros requerimientos funcionales y que otros efectos indeseables sean mantenidos dentro de sus límites tolerables. Una vez se seleccionen el "objetivo explícito" y las variables independientes, se procede a ensamblar el modelo que describa cómo se relacionan las variables del problema y cómo el criterio de rendimiento es influenciado por las variables independientes.

⁷ JIMÉNEZ, Mitre. Análisis y optimización con interacción de Dummy, de la carrocería del automóvil "Tubolare SAND CAR" de Tecnoidea SA de CV, en impacto frontal empleando el método de elementos finitos en ALGOR FEA, mediante la simulación de eventos mecánicos. Tesis Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería. Puebla: Universidad de las Américas. 2004.

En principio, los estudios de optimización pueden llevarse a cabo por experimentación directa con el sistema. Así, las variables independientes del sistema o proceso pueden fijarse en valores seleccionados, el sistema puede operar en estas condiciones y se puede evaluar el índice de rendimiento del sistema utilizando el rendimiento observado. Después tendría que utilizarse la metodología de optimización para predecir opciones mejoradas de los valores de las variables independientes y continuar de esta manera los experimentos. En la práctica la mayor parte de los estudios de optimización se efectúan con ayuda de un modelo, que es una representación matemática simplificada del sistema real. Se utilizan modelos porque es muy costoso, lento y arriesgado usar el sistema real para llevar a cabo el estudio.

Comúnmente se utilizan modelos en ingeniería de diseño, porque ofrecen la forma más barata y rápida de estudiar los efectos de cambios en variables clave del diseño sobre el rendimiento del sistema⁸.

8.4 Método de los estados límite

Al diseñar y calcular estructuras, se debe cumplir ciertas normas que aseguran que dicho conjunto de elementos cumpla ciertos requisitos como estabilidad, resistencia mecánica, durabilidad, y ante todo que sea funcional.

“Se define como Estado límite aquellas situaciones para las que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada, superando un cierto valor límite”⁹. Dichas situaciones se estudian a nivel del conjunto de la estructura, del elemento estructural y a nivel de sección.

8.4.1 Estados límite de servicio

Un Estado Límite de Servicio (ELS) corresponde a situaciones que dan lugar a una puesta fuera de servicio de la estructura por razones funcionales, de comodidad o de aspecto (estéticas)¹⁰, sin un riesgo inminente a corto plazo.

⁸ CHAUR BERNAL, Jairo. Optimización aplicada al diseño mecánico. En: Revista Tecnura. No. 4 (1999). p- ISSN : 0123-921X

⁹ ALMERICH, Ana Isabel. Diseño, según estados límites, de estructuras de hormigón armado con redondos de fibra de vidrio GFRP. [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. 2011.

¹⁰ Ibid, p. 94.

Cuando se habla de los ELS se refiere a inconvenientes o problemas de fabricación y diseño que pueden ser solucionadas, reparadas o que admiten medidas mitigantes o molestias no-graves para quienes hacen uso de ella, siendo algunos de los tipos más comunes en el proceso investigativo:

- ELS de deformación excesiva.
- ELS de vibración excesiva.
- ELS de durabilidad (oxidación, etc.)
- ELS de fisuración excesiva.

En el desarrollo de este proyecto, con el ELS se pretende la funcionalidad del diseño por la determinación de un período óptimo de producción y satisfacción de un servicio.

8.6 Mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Como es evidente, debido a la incapacidad para que los equipos e instalaciones se mantengan en buen funcionamiento por sí mismos, debe organizarse un grupo de personas para que se encargue de esto y se constituye así, una organización de mantenimiento.

Desde el punto de vista de quien administra el mantenimiento, el objetivo principal es la conservación del servicio. Esto es, la máquina debe recibir un mantenimiento no por ella misma, sino para su conservación y para garantizar que la función que ella realiza dentro del proceso productivo se cumpla a cabalidad y se mantenga la capacidad productiva en el nivel deseado.

Lo anterior se debe basar siempre en el equilibrio de los siguientes factores:

- Minimizar los costos de parada del equipo por daños y reparaciones.
- Maximizar la utilización del capital invertido en instalaciones y equipos, aumentando así su vida útil.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento,

- Para aumentar los beneficios de la actividad industrial.

En este manual quedan consignados todos los datos que se hayan codificado para agilizar el mantenimiento preventivo, tales como los colores y símbolos de lubricación y lo concerniente a las notas de mantenimiento preventivo por sistema L.E.M. Debe contener información muy precisa, concreta y detallada, que establezca el significado de lo codificado y responda todas las incógnitas que surjan al respecto. La parte del manual que explica las diferentes notas del mantenimiento preventivo L.E.M., se puede comparar con un manual de procedimiento administrativo que contiene: - Código de la actividad. - Equipo o parte de la maquinaria sobre la cual se aplica. - Instrumentos, herramientas y accesorios requeridos para la ejecución. - Procedimientos y estándares de la ejecución. - Normas de seguridad y precauciones. - Observaciones o generalidades. - Última fecha de actualización. La parte de procedimientos y estándares de ejecución debe describir, detalladamente y con lenguaje claro a cualquier nivel, los pasos por seguir y la secuencia con que se deben realizar. Para este efecto, se parte de la premisa de que el ejecutante hace la labor por primera vez, con lo cual se consigue eliminar la instrucción permanente. También se debe incluir en esta parte una lista de soluciones a posibles fallas y sus síntomas. Además, de ser posible deben adicionarse gráficos o planos de los elementos con el fin de guiar a quien realiza la labor.

9. Cronograma

ACTIVIDAD	MES	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO			
	SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Diagnosticar proceso de pintura en planta, listar actividades, determinar fallos, problemas y tiempos de cada actividad		■																			
Diseño preliminar, dimensionamiento de instalacion disponible, bosquejos y posibles soluciones a fallos			■	■																	
Definición de cargas dinámicas y estáticas				■																	
Diseño de la estructura				■	■																
Modelamiento de la estructura					■																
Diseño de sistemas mecánicos, selección de motores y rodamientos					■	■															
Modelamiento de sistemas mecánicos						■	■														
Análisis por elementos finitos y validación de diseño								■	■	■											
Requisición de materiales										■											
Elaboración de planos de fabricación y montaje										■	■	■									
Fabricación y montaje													■	■	■	■					
Elaboración de manuales de mantenimiento y operación													■	■	■	■					
Puesta en marcha y análisis de resultados																	■	■	■		

Tabla 4. Cronograma de actividades

10. Presupuesto:

COSTOS PRESUPUESTADOS DEL PROYECTO				
MATERIALES				
Perfiles en acero	Peso mL (kg)	Valor kg (\$)	Cantidad (mL)	Sub Total (\$)
Tubo rectangular 150x150x6	26,4	2500	30	\$1.980.000
Tubo rectangular 50x50x3	4,25	2500	20	\$212.500
IPE 220	26,2	2200	16	\$922.240
Laminas en acero	Peso m2 (kg)	Valor m2 (\$)	Cantidad (m2)	Sub Total (\$)
Lam. 1/4" A-572	49,8	1700	1	\$84.660
Lam. 1/2" A-572	99,7	1700	0,5	\$84.745
Lam. 1" A-572	199,4	1700	0,5	\$169.490
		Valor kg (\$)	Cantidad (kg)	Sub Total
Soldadura		5000	40	\$200.000,00
Elementos mecánicos		Valor Und. (\$)	Cantidad (und)	Sub Total
Motoreductor 0.5HP		\$1.000.000,00	2	\$2.000.000,00
Piñones reductores		\$240.300,00	4	\$961.200,00
Rodamientos 6305 2RS		\$16.000,00	80	\$1.280.000,00
Rodamientos 6310 2RS		\$49.000,00	16	\$784.000,00
Ejes mecanizados		\$20.000,00	44	\$880.000,00
Bujes mecanizados		\$25.000,00	44	\$1.100.000,00
Ruedas mecanizadas		\$150.000,00	8	\$1.200.000,00
Otros elementos		\$500.000,00	1	\$500.000,00
MANO DE OBRA				
Teniendo en cuenta la capacidad instalada en la planta de producción para cada proceso y tomando como referencia una estimación de peso de 2000 kg se determinan los siguientes tiempos en horas/proceso				
	Cap. Produccion	Cant. Horas (h)	Valor Hora (\$)	Sub Total (\$)
DISEÑO	-	120,0	\$15.000	\$1.800.000,00
CORTE	300 kg/h	8,0	\$5.000	\$40.000,00
ARMADO ESTRUCTURA	150 kg/h	16,0	\$8.000	\$128.000,00
RESOLDADO	100 kg/h	20,0	\$8.000	\$160.000,00
ARMADO MECANISMOS		30,0	\$5.000	\$150.000,00
DOCUMENTACIÓN				
				Sub Total (\$)
Consultorias, aseorias, y gastos derivados de la elaboración de documentos				\$300.000,00
			Costo Total:	\$14.936.835
La financiación del proyecto la realizará la empresa de estructuras metálicas Tecmo S.A El costo de documentación será asumido por el autor				

Tabla 5. Presupuesto

11. Bibliografía

- ACESCO. Manual técnico Perfil C y Z Grado 50. 2014. Atlántico: 2014. Recuperado de: <http://www.acesco.com/archivos/descargas/perfil-c-y-z-grado-50-manual-tecnico.pdf>
- ALGOR FEA, mediante la simulación de eventos mecánicos. Tesis Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería. Puebla: Universidad de las Américas. 2004
- ALMERICH, Ana Isabel. Diseño, según estados límites, de estructuras de hormigón armado con redondos de fibra de vidrio GFRP. [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. 2011.
- BERNAL, César y OSORIO, Camilo. Optimización del proceso productivo de la sección de pintura de la empresa INDUSTRIAS CRUZ HERMANOS S.A. mediante la metodología de Seis Sigma. Trabajo de grado en Ingeniería industrial. Bogotá: Universidad Libre de Colombia. Facultad de ingeniería, 2015.
- CHAUR BERNAL, Jairo. Optimización aplicada al diseño mecánico. En: Revista Tecnura. No. 4 (1999). p-ISSN: 0123-921X
- JIMÉNEZ, Mitre. Análisis y optimización con interacción de Dummy, de la carrocería del automóvil “Tubolare SAND CAR” de Tecnoidea SA de CV, en impacto frontal empleando el método de elementos finitos en ALGOR FEA, mediante la simulación de eventos mecánicos. Tesis Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería. Puebla: Universidad de las Américas. 2004.
- PAREDES, Christian Leopoldo. “Diseño de una cámara para aplicación de pintura electrostática con recuperación de polvo para una Empresa metalmeccánica”. Trabajo de grado en Ingeniería mecánica. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2012.

- VILLALBA, Fredy Javier. Diseño y construcción de una máquina automática pulverizadora de pintura en chapas galvanizadas acanaladas para la EMPRESA CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS. Carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Matriz Sangolquí. 2015.