

PROYECTO DE GRADO

Diseño y simulación de una máquina automatizada para el sellado de dos tipos de caja para la industria cosmética.

MARCO AURELIO PÉREZ VARGAS
JUAN PABLO SALCEDO RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ
2005

PROYECTO DE GRADO

Diseño y simulación de una máquina automatizada para el sellado de dos tipos de caja para la industria cosmética.

MARCO AURELIO PÉREZ VARGAS
JUAN PABLO SALCEDO RODRÍGUEZ

Documento de grado para optar al título de
Ingenieros Mecatrónicos

Asesor
LEONARDO RODRÍGUEZ
Ingeniero Mecatrónico

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ
2005

RESUMEN ANALITICO DE ESTUDIO

FECHA DE ELABORACION: ENERO DE 2006-01-20

AUTORES: PEREZ VARGAS, Marco Aurelio, ingmarcoperez@yahoo.com
SALCEDO RODRIGUEZ, Juan Pablo, odeclaspj@yahoo.es

TITULO: DISEÑO Y SIMULACION DE UNA MÀQUINA SELLADORA DE DOS TIPOS DE CAJA PARA LA INDUSTRIA COSMETICA.

AREA DE INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACION DE PROCESOS MANUFACTURA

DESCRIPCIÓN: El desarrollo del presente trabajo de grado es mejorar el proceso de sellado de cajas de cartón en la industria cosmética. Belcorp S.A. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos de belleza en Colombia y otros países de Latinoamérica.

El proceso de sellado de cajas que actualmente desarrolla Belcorp S.A. es ejecutada por doce operarios quienes están distribuidos en cuatro líneas paralelas de sellado. Este proceso es completamente manual.

Las cajas llegan al área de sellado después de pasado por el área de embalaje, donde se le han depositado los productos que cada consultora (vendedora) haya solicitado. Las pestañas de las cajas vienen aseguradas hacia el exterior de la caja para evitar atascos en el proceso de embalaje; estos seguros deben romperse para poder realizar el sellado.

En cada línea de sellado se realiza el siguiente proceso: Un primer operario se encarga de romper los seguros de las pestañas y plegarlas para la siguiente fase del proceso, luego un segundo operario se encarga de aplicar el adhesivo en las pestañas anterior y posterior con una pistola de hotmelt, el tercer y último operario se encargas de plegar las pestañas laterales sobre las pestañas anterior y posterior para así terminar el proceso de sellado. Luego de esto las cajas están listas para pasar a la zona de despacho.

La máquina diseñada en este proyecto de grado debe encargarse de realizar el correcto sellado de cajas en forma automática, diferenciando entre dos tamaños de caja. Esto hace que se reduzcan costos para Belcorp S.A. y hace que la mano de obra contratada pueda desempeñar una labor diferente para agilizar sus procesos.

CONTENIDO: Este documento se compone cuatro capítulos y anexos distribuidos de la siguiente forma.

El primer capítulo describe el planteamiento del problema, objetivos, justificación, antecedentes, alcances y limitaciones.

El segundo capítulo contiene la base teórica descrita en el marco de referencia, donde se relacionan los temas que son tratados para el desarrollo del proyecto.

En el tercer capítulo es el desarrollo ingenieril donde se da la solución al problema descrito anteriormente, allí se justifican las razones por las cuales se adoptó ese diseño.

En el cuarto capítulo se hace una descripción de los costos generados para la construcción de la máquina y se hace una relación costo beneficio obtenido para de esta manera evaluar si el proyecto es viable en la empresa.

En los anexos se encuentra documentación con la cual se da sustentación a los criterios de diseño, además se encuentran los planos eléctricos, neumáticos y mecánicos de la máquina.

METODOLOGÍA: La primera parte del proyecto se basó en la investigación de máquinas que realizaran el proceso de sellado de cajas para as, tener una referencia para el diseño de este proyecto. Luego se realizaron una serie de pruebas con base al diseño propuesto para verificar su funcionalidad y aplicación a la máquina.

Se continuó a realizar el diseño estructural a partir de las pruebas y buscando dar la mejor opción para satisfacer las necesidades específicas que requería el proceso de sellado de cajas en Belcorp.

Por último se hizo la comprobación de los diseños realizados por medio de un software para simulación y animación, de aquí se demostró la funcionalidad del proyecto.

CONCLUSIONES:

Se dio una solución a las necesidades en cuanto a sellado de cajas en Belcorp S.A. que brinda un mejoramiento en los tiempos de embalaje de producto terminado, reduciendo así los costos y mano de obra en el área.

Una necesidad específica de la empresa era el sistema de ruptura de pestañas por lo cual fue necesario desarrollar una serie de pruebas que implicaban la construcción de un modelo para verificar la funcionalidad del mecanismo, dichas pruebas fueron hechas por el método de ensayo y error, arrojando como resultado la mejor geometría para el diseño de las cuchillas y las presiones necesarias para los actuadores que las mueven.

Se concluyó que el mejor elemento que se puede usar para el sellado de cajas es el adhesivo termo fundible Hotmelt ya que proporciona mayor seguridad, y es resistente a cambios bruscos de temperatura, y permite el reciclaje de las cajas ya que no deja elementos metálicos que dificulten este proceso, a diferencia de las grapas y cintas adhesivas.

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogota D. C. _____, _____, _____

DEDICATORIA

A nuestros familiares, padres y amigos quienes nos han guiado y acompañado a lo largo de nuestro proceso de formación y sin los cuales no habiéramos podido llegar a este punto de nuestras vidas.

Solo esperamos nunca defraudarlos para seguir compartiendo logros propios y ajenos.

AGRADECIMIENTOS

LEONARDO RODRÍGUEZ, Ingeniero mecatrónico, por su colaboración, su amistad y los valiosos aportes que nos dio a lo largo del desarrollo del proyecto.

CARLOS GONZÁLEZ, Ingeniero mecánico, por su ayuda y porque siempre que acudimos a él nos recibió con agrado para dar la mejor orientación a nuestras inquietudes.

LUÍS ZABALA, Ingeniero metalúrgico, porque nos brindó asesoría para la realización del proyecto.

RICARDO RÍOS, Ingeniero Mecánico, porque a pesar de estar ocupado y no tener ninguna obligación con nosotros, siempre estuvo atento a darnos asesorías en Solid Edge, hizo más fácil nuestra labor pues nos enseñó como hacer más sencilla la elaboración de planos y animación.

MARVIN GUTIÉRREZ, Compañero y amigo, porque nos aportó su conocimiento y nos facilitó material necesario para investigación, nos explicó también como hacer las simulaciones en ANSYS.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	13
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 ANTECEDENTES	18
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1 Identificación del problema	19
1.2.2 Pregunta de investigación	19
1.3 JUSTIFICACIÓN	20
1.4 OBJETIVOS	20
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos	20
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	22
1.5.1 Alcances	22
1.5.2 Limitaciones	22
2 MARCO DE REFERENCIA	24
2.1 CAMAS PARA BANDAS DE TRANSPORTE	24
2.2 RODAMIENTOS	27
2.3 EJES	28
2.4 MATERIALES PARA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS	29
2.4.1 Acero	29
2.4.2 Aluminio	31
2.4.3 Polímeros	32
2.5 ELEMENTOS PARA SELLADO	33
2.5.1 Cinta adhesiva	33
2.5.2 Grapas	35
2.5.3 Adhesivos termofundibles	36
2.5.4 Unidad aplicadora de hotmelt	37
2.5.5 Tubos flexibles	38
2.5.6 Aplicadores o pistolas	39
2.6 ACTUADORES NEUMÁTICOS	40
2.7 SENSORES DE PROXIMIDAD ÓPTICOS	42
2.7.1 Características generales	42
2.7.2 Ventajas del sensor de barrera	43
2.7.3 Desventajas del sensor de barrera	44
2.7.4 Ventajas del sensor de retrorreflexión	44
2.7.5 Desventajas de los sensores de retrorreflexión	44
2.7.6 Ventajas del sensor de reflexión directa	45
2.7.7 Desventajas de los sensores de reflexión directa	45

2.8	ELECTROVÁLVULAS	45
2.9	PLC's	46
2.9.1	Conceptos básicos	46
2.9.2	Estructura de un plc	47
2.9.3	Entradas y salidas	48
2.9.4	Criterios de selección	49
3	DESARROLLO INGENIERIL	50
3.1	BANDAS PARA TRANSPORTE	50
3.1.1	Potencia Mecánica	52
3.1.2	Velocidad del rodillo Transmisor	55
3.1.3	Torque del rodillo Transmisor	56
3.1.4	Selección del tipo de motor	56
3.1.5	Tensiones en la banda	57
3.2	EJES	62
3.3	DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN	65
3.4	SISTEMA DE DESPLIEGUE DE PESTAÑAS	70
3.4.1	Cálculos actuadores de las cuchillas.	73
3.4.2	Cálculo actuador de la Platina	75
3.5	UBICACIÓN DE LAS CUCHILLAS Y PLATINA	78
3.6	SELECCIÓN DE SENSORES	79
3.7	SISTEMA DE ANCHO DE CAJA	80
3.8	SISTEMA DE SELLADO	82
3.9	ADHESIVOS TERMOFUNDIBLES	85
3.9.1	Hotmelt 2024 (Traslucido)	85
3.9.2	Unidad aplicadora de hotmelt	86
3.9.3	Controles temperatura del tanque, mangueras, pistolas.	88
3.9.4	Manguera o tubo flexible	89
3.9.5	Los aplicadores	90
3.10	SISTEMA NEUMÁTICO	92
3.11	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	93
3.12	ESTRUCTURA	95
4	RELACIÓN COSTO BENEFICIO	97

TABLA DE FIGURAS

Figura 1	Máquina de Hotmelt.....	18
Figura 2	Máquina de cinta adhesiva	18
Figura 3	Banda transportadora SWF Companies	19
Figura 4	Caja de cartón.....	19
Figura 5	Hotmelt	36
Figura 6	Hotmelt en cartucho	37
Figura 7	hotmelt en pellets	37
Figura 8	Unidad aplicadora de Hotmelt 4L.....	37
Figura 9	Unidad aplicadora de Hotmelt 12L.....	37
Figura 10	Acoples para máquina de hotmelt.....	38
Figura 11	Tubo flexible para hotmelt.....	38
Figura 12	Aplicador de hotmelt	39
Figura 13	Boquillas para aplicador de hotmelt.....	39
Figura 14	Estructura básica del PLC.....	47
Figura 15	Esquema general de banda transportadora.....	53
Figura 16	Tensiones en la banda transportadora	57
Figura 17	Banda transportadora modelo TR de Hytrol	60
Figura 18	Banda transportadora modelo 190 LR de Hytrol	61
Figura 19	Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos	62
Figura 20	Cuchilla plana	71
Figura 21	Cuchilla 30°♦	71
Figura 22	Cuchilla 45°♦	71
Figura 23	Cuchilla 60°♦	71
Figura 24	Platina	72
Figura 25	Diagrama de fuerzas en la platina	76
Figura 26	Ubicación de cuchillas y platina	79
Figura 27	Guía para variar el ancho	80
Figura 28	patada para pestaña ♦.....	83
Figura 29	Guía y soporte para pegante.....	83
Figura 30	Unidad aplicadora de hotmelt	86
Figura 31	Panel de control unidad aplicadora	87
Figura 32	Panel de control de temperatura.....	88
Figura 33	Bomba para hotmelt.....	89
Figura 34	Tubo térmico flexible	89
Figura 35	Aplicador de hotmelt	91
Figura 36	Corte para aplicador de hotmelt	92
Figura 37	Presentación PLC LOGO 230 RC	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características para banda de tela impregnada con caucho y nylon.....	51
Tabla 2 Dimensiones de las cajas.....	51
Tabla 3 Margen compensatorio de seguridad	65
Tabla 4 Potencia de sujeción típica para tornillos de sujeción	69
Tabla 5 Pruebas para cuchillas.....	70
Tabla 6 Masa de sistema de cuchillas.....	73
Tabla 7 Especificaciones de actuador para cuchillas.....	75
Tabla 8 Masa de sistema para platina.....	76
Tabla 9 Especificaciones de actuador para platina.....	78
Tabla 10 Masa para guía variadora de ancho	81
Tabla 11 Especificaciones para actuador de ancho de caja	82
Tabla 12 Masa de patada plegadora de pestañas.....	83
Tabla 13 especificaciones para actuador de patada.....	84
Tabla 14 Características de tubo térmico flexible.....	90
Tabla 15 Variantes de PLC Logo	93
Tabla 16 Módulos de ampliación PLC Logo	94
Tabla 17 Compatibilidad entre PLC y módulos de ampliación.....	94
Tabla 18 Relación de costos para máquina	97

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Gráficas para análisis de falla por pandeo en actuadores neumáticos.

ANEXO B. Análisis estructural.

ANEXO C. Manuales de mantenimiento y procedimientos.

ANEXO D. Planos Controlador Lógico Programable PLC.

ANEXO E. Planos Sistema neumático.

ANEXO F. Planos eléctricos.

ANEXO G. Planos mecánicos.

GLOSARIO

Actuadores neumáticos	Elemento que transforma la energía neumática en trabajo mecánico y movimiento rectilíneo con carrera de avance y retroceso
Adhesivo	Que se adhiere o se pega: esparadrapo adhesivo.
Aplicadores	Que pone una cosa sobre otra.
Banda	Elemento usado para el transporte o para la transmitir movimiento
Bits	Unidad de medida de información equivalente a la elección entre dos posibilidades igualmente probables.
Bomba	Máquina o artefacto para elevar el agua u otro líquido y darle impulso en una dirección determinada.
Breaker	Interruptor que sirve como paro de emergencia.
Bytes	Conjunto de 8 Bits
Calefacción	Acción y efecto de calentar o calentarse.
Cilindro	Cuerpo limitado por una superficie cilíndrica cerrada y dos planos que la cortan.
Comprimido	Reducido a menor volumen.
CPU	Unidad central de procesamiento.
Deflexión	Desviación de la dirección de una corriente.
Diagnostico	Pertenciente o relativo a la diagnosis.
Display	Dispositivo de ciertos aparatos electrónicos, como los teléfonos y las calculadoras, destinado a la representación visual de información.
Eje	Barra, varilla o pieza similar que atraviesa un cuerpo giratorio y le sirve de sostén en el movimiento.
Electroválvulas	Válvula accionada por un electroimán, que regula un circuito hidráulico o neumático.
Embalaje	Acción y efecto de embalar
Energía	Eficacia, poder, virtud para obrar.
Engranajes	Conjunto de las piezas que engranan.
EVA	Etilenovinilactato, base del adhesivo termoplástico.
Flexibilidad	Cualidad de lo flexible, disposición del ánimo para ceder y acomodarse.
Flexión	Encorvamiento transitorio que experimenta un sólido por la acción de una fuerza que lo deforma elásticamente
Fundible	Capaz de fundirse, cambiar de un estado sólido a uno líquido.
Herrumbre	Corrosión que genera una capa en la parte superior de los metales.
Hotmelt	Adhesivo termo-plástico

Inercia	Propiedad de los cuerpos de no modificar su estado de reposo o movimiento si no es por la acción de una fuerza.
Infrarrojo	Se dice de la radiación del espectro electromagnético de mayor longitud de onda que el rojo y de alto poder calorífico.
Manivela	Palanca acotada con la que se imprime un movimiento de rotación continuo al eje al que está fijada, Manubrio.
Neumática	Que funciona con aire u otro gas.
Óptico	Pertenece o relativo a la visión.
Pellets	Gránulos
Picking	Área donde se realiza el embalaje de productos.
PID	Sistema de control proporcional integral derivativo
PLC	Controlador lógico programable
Poleas	Rueda acanalada en su circunferencia y móvil alrededor de un eje. Por la canal o garganta pasa una cuerda o cadena en cuyos dos extremos actúan, respectivamente, la potencia y la resistencia.
Procesador	Unidad central de procesamiento.
Rectilíneo	Que se compone de líneas rectas.
Registro	Acción y efecto de registrar.
Relé	Aparato destinado a producir en un circuito una modificación dada, cuando se cumplen determinadas condiciones en el mismo circuito o en otro distinto.
Rigidez	Cualidad de rígido.
Rotación	Acción y efecto de rotar
RTD	Resistencia detectora de Temperatura
Secuencial	Pertenece o relativo a la secuencia.
Temperatura	Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el kelvin (K).
Tensión	Estado de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas opuestas que lo atraen.
Térmico	Relativo al calor y a la temperatura.
Torsión	Acción y efecto de torcer o torcerse algo en forma helicoidal.
Transmisión	Conjunto de mecanismos que comunican el movimiento de un cuerpo a otro, alterando generalmente su velocidad, su sentido o su forma.
Válvulas	Elemento de control en sistemas de automatización
Viscosidad	Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.
Volantes	Rueda grande y pesada que por la inercia de su giro regulariza el movimiento de una máquina motora
Volátil	Dicho de un líquido: Que se transforma espontáneamente en vapor.

INTRODUCCIÓN

La industria siempre está buscando un continuo desarrollo y evolución de los diferentes procesos, con la construcción de máquinas e instalaciones automáticas que cumplan con las exigencias necesarias en productividad, flexibilidad, calidad y economía se está demostrando la importancia de tener ingenieros capacitados para diseñar, construir, implantar y resolver problemas a niveles industriales.

BELCORP S.A. está buscando la manera de automatizar su proceso de sellado de cajas, ya que ve la necesidad de ahorrar tiempo y trabajo en el proceso de embalaje* de productos, debido a que diariamente están despachando entre 6300 a 10700 cajas que son distribuidas a sus consultoras en toda Colombia.

En BELCORP S.A. existen dos tipos de caja con diferentes dimensiones que son usadas dependiendo la cantidad de producto que las consultoras hayan solicitado, por eso algunas cajas deben ser más grandes que otras. La necesidad que se presenta es que a la fecha no hay una máquina que diferencie entre los tamaños, que se ajuste automáticamente y luego selle el producto en forma adecuada.

Anteriormente se realizaba este proceso de embalaje usando grapas pero ahora se esta reemplazado por un pegante nuevo hotmelt* el cual otorga mayor confiabilidad en el sellado y en la seguridad de la cajas embaladas.

* Glosario

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

En la industria existen varias máquinas que permiten el sellado de cajas, estas máquinas se diferencian según los elementos utilizados para el sellado como son la cinta adhesiva*, las grapas y los adhesivos termofundibles*.

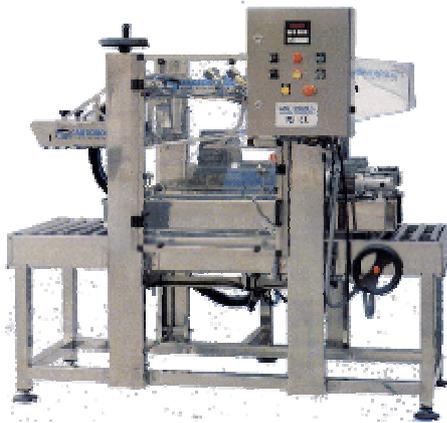


Figura 1 Máquina de Hotmelt¹

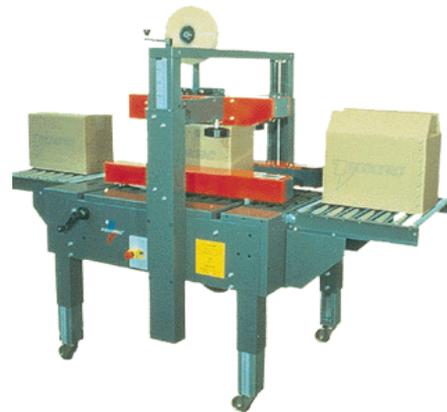


Figura 2 Máquina de cinta adhesiva²

La limitación de estas máquinas es que manejan un tipo de caja predeterminado, es decir, no sirven para sellar dos o más tamaños, la máquina de SFW COMPANIES es más versátil en este sentido ya que tiene la opción de ser acondicionada para sellar en tamaños diferentes, pero su falencia es que no lo hace de forma autónoma. Para entender mejor esto se muestra el siguiente ejemplo: si se está trabajando con un tamaño de caja grande y se modifica para que selle una más pequeña, las que vengan posteriormente deben ser de iguales dimensiones y para que vuelva a sellar cajas de otro tamaño se debe hacer una

* Glosario.

¹ <http://www.elempaque.com>

² Ibid. 1

modificación de tipo manual por un operario pues no tiene un sistema de detección que haga esto automáticamente



Figura 3 Banda transportadora SWF Companies³



Figura 4 Caja de cartón⁴

1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Identificación del problema

La necesidad de BELCORP S.A. es mejorar el sistema de sellado de las cajas, ya que el proceso es muy demorado y además intervienen muchos operarios. Por esto, se desea simplificar de cuatro líneas de sellado manual, por una o dos líneas de sellado automático, en la cual solo intervenga un operario que es la persona encargada de la supervisión de la máquina.

1.2.2 Pregunta de investigación

¿Cómo diseñar y simular una máquina que identifique y selle dos tipos de caja para la industria cosmética?

³ <http://www.swfcompanies.com/CS440.htm>

⁴ Ibid. 3

1.3 JUSTIFICACIÓN

Para poder hacer una máquina óptima en el sellado de cajas, es necesario hacer que esta desarrolle cada uno de los pasos que en el momento ejecutan doce operarios, quienes están distribuidos en cuatro líneas de sellado (tres operarios por línea). Esta labor es muy engorrosa, pues cada línea debe sellar entre 1700 a 2300 cajas diarias, ocupando un área de trabajo grande si se tiene en cuenta que el proceso realizado no es largo. Además es una labor muy costosa para la empresa (por la cantidad de operarios necesarios) y el tiempo que tarda cada caja desde el momento en que es manipulada por el primer operario hasta salir a la línea de distribución de camiones es de aproximadamente 25 segundos, lo cual da una tasa de 144 cajas por hora; en un turno de 8 horas cada línea sella 1152 cajas lo que hace necesario un segundo turno de operarios para que en las siguientes 8 horas alcancen a sellar las cajas restantes.

Por las razones antes expuestas, es que la empresa desea automatizar el proceso de cerrado y sellado de cajas en el área de picking*.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar y simular una máquina automatizada para el sellado de dos tipos de caja.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Investigar que máquinas existen en el mercado para realizar sellado de cajas de cartón.

* Glosario.

- Investigar los diferentes tipos de banda* transportadora y seleccionar la más apropiada dependiendo las necesidades del proceso.
- Investigar los diferentes sistemas de sellado de cajas e identificar ventajas y desventajas de los mismos.
- Investigar si existen máquinas que hagan ruptura y acomodación de las pestañas de las cajas que van a ser selladas.
- Seleccionar un sistema de transmisión* de potencia que proporcione el movimiento a las cajas que se van a sellar.
- Seleccionar el motor encargado de transmitir el movimiento a la banda transportadora.
- Diseñar un sistema óptimo que rompa los seguros de las pestañas de las cajas que vienen del proceso de embalaje.
- Implementar un mecanismo que ejerza presión sobre la caja después de aplicar el adhesivo para que selle adecuadamente.
- Implementar un mecanismo que permita sellar en una misma línea dos tipos de caja para el embalaje de productos cosméticos.
- Seleccionar los sensores adecuados para la detección de las cajas en el proceso de sellado.
- Seleccionar el tipo de hotmelt que cumpla con las especificaciones de la máquina.
- Seleccionar y programar el elemento de control (PLC*) que proporcione los tiempos requeridos para el movimiento de los componentes de la máquina y disparo del pegante en el proceso.
- Analizar por medio de software la funcionalidad del proyecto para verificar su diseño.
- Realizar un manual de operación y mantenimiento de la máquina diseñada.

* Glosario.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1 Alcances

Considerando que una de las funciones de los ingenieros en mecatrónica es optimizar procesos industriales, este proyecto se enfoca en la automatización del sellado de cajas para la industria BELCORP S.A., empresa que puede patrocinar la construcción y asesoramiento del proyecto. Cabe destacar que la máquina será instalada en el área de embalaje de productos. Este proyecto se basa en el diseño y simulación de la máquina, diseño que será evaluado para su posterior implementación en la industria.

1.5.2 Limitaciones

El diseño de la máquina estará guiado por el asesoramiento de la empresa y de la universidad de San Buenaventura sede Bogotá; BELCORP S.A. es la que dará aprobación para la construcción de esta máquina, es por esto que el proyecto de grado se limita únicamente al diseño y simulación, pues la construcción no depende de los estudiantes.

La empresa decidirá a que compañías cotizar y ellos seleccionan los proveedores que suministrarán los componentes para este diseño, ya que ella asumirá los gastos de construcción y de ella también dependen los costos de las pruebas que se realicen.

En la parte de diseño asistido por computador (CAD*) existe una gran variedad de software pero los más apropiados requieren de licencias profesionales que tienen un elevado costo. La universidad tiene licencias de algunos de estos software,

* Glosario

pero en su mayoría son de tipo académico y no poseen todas las prestaciones que si tienen las versiones profesionales. Se tiene entonces la limitación de trabajar con los recursos disponibles y usar estas versiones académicas que aunque son de gran ayuda no tienen todas las herramientas que se quisieran.

Actualmente BELCORP S.A. tiene un contrato con la empresa MELEXA S.A. quien se encarga de la programación de los PLC. Para este proyecto se piensa trabajar en la misma plataforma de programación de PLC siempre y cuando los proveedores (MELEXA S.A.) faciliten el software para este fin.

2 MARCO DE REFERENCIA

En el desarrollo de este proyecto se involucran varias áreas de la ingeniería Mecatrónica como son la mecánica, electrónica, sensórica, programación, neumática*. Además se hará referencia de equipos, accesorios, adhesivos y demás componentes que de una u otra manera forman parte de este proyecto.

2.1 CAMAS PARA BANDAS DE TRANSPORTE

La tecnología de transporte continuo mediante bandas transportadoras se ha establecido a través de todo el mundo para el movimiento de materiales y cargas debido a su gran versatilidad y economía.

De acuerdo al tipo de materiales que van a manejarse, existen varias clases de transportadoras, para la aplicación al proyecto se enfocará solo en las bandas para manejo de producto empacado o cargas unitarias.

De acuerdo a la función que tiene una banda se pueden describir tres tipos:

- Transporte Horizontal.
- Acumulación.
- Transporte con pendiente.

Las bandas planas se fabrican en diferentes materiales como uretano, poliamida, tela impregnada con caucho y cuero entre otras. Estas bandas son silenciosas y eficientes. Los fabricantes las cortan a la medida solicitada las formas de unión son por medio del vulcanizado y la unión con grapas.

* Glosario

En el mercado las bandas mas económicas son las de tela impregnada con caucho, estas bandas tienen unos refuerzos con nylon que mejoran la resistencia a la tracción del caucho y la tela, también existe una gran variedad de espesores para este tipo de material.

- **Tensiones en un sistema de transmisión por banda**

Las transmisiones por banda plana tienen notables ventajas sobre las transmisiones por engranajes* o bandas en V, su bajo ruido, mayor absorción de vibraciones torcionales* del sistema y su alta eficiencia (98% aprox.)

Los ángulos de contactos se hallan de la siguiente manera:

$$\theta_d = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad 1^5$$

$$\theta_D = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad 2^6$$

D : Diámetro de la polea mayor.

d : Diámetro de la polea menor.

C : Distancia entre centros.

θ : ángulo de contacto

T : Torque

La longitud de la banda se determina sumando las longitudes de arco con el doble de la distancia entre el punto inicial y final de contacto, cuyo resultado es:

$$L = [4C^2 - (D-d)^2]^{1/2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d) \quad 3^6$$

* Glosario

⁵ SHIGLEY, Joseph Edgard. Diseño en Ingeniería Mecánica. Mc Graw Hill, 2002.e.6.P. 1063

⁶ Ibid. 5, P. 1063

El ángulo de contacto esta constituido por el arco efectivo a través del cual se transmite potencia y por el arco inactivo. En el caso de la polea impulsora, la banda primero hace contacto con la polea con una tensión* mayor F_1 (en el lado tirante) y una velocidad mayor V_1 , que es igual a la velocidad periférica de la polea*. La banda pasa luego por el arco inactivo sin cambio en F_1 o V_1 . A continuación comienza el contacto de distensión o deslizante, y la tensión de la banda cambia de acuerdo con las fuerzas de fricción. Al final del arco efectivo, la banda sale de la polea con una tensión menor F_2 (en el lado flojo) y una velocidad menor V_2 .

Las tensiones del lado tenso y lado holgado tienen la siguiente forma de ser calculadas:

$$F_1 = F_i + F_c + \Delta F' = F_i + F_c + T / D \quad 4^7$$

$$F_2 = F_i + F_c + \Delta F' = F_i + F_c - T / D \quad 5^7$$

F_i : Tensión inicial.

F_c : Tensión de aro debida a la fuerza centrífuga,

$\Delta F'$: Tensión debida al par de torsión transmitido

D : Diámetro de la polea.

T : Torque

La diferencia entre estas dos fuerzas F_1 y F_2 se relaciona con el par de torsión de la polea, por lo que se obtiene:

$$F_1 - F_2 = \frac{2T}{D} = \frac{T}{D/2} \quad 6^8$$

Donde

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c \quad 7^8$$

* Glosario.

⁷ SHIGLEY, Op. cit., P. 1065

⁸ SHIGLEY, Op. cit., P. 1066

Por lo tanto:

$$F_i = \frac{T \exp(f\phi) + 1}{D \exp(f\phi) - 1} \quad 8^8$$

La anterior ecuación proporciona una visión fundamental de las bandas planas. Si F_i es igual a cero, entonces T también es cero; no hay tensión inicial, no se transmite par de torsión. El par de torsión esta en proporción a la tensión inicial. Esto significa que si se desea una transmisión satisfactoria por banda plana, la tensión inicial se debe conservar mediante inspección rutinaria.

2.2 RODAMIENTOS

La disposición de rodamientos en un componente giratorio de una máquina, por ejemplo un eje*, precisa generalmente dos rodamientos para soportarlo y situarlo radial y axialmente con relación a la parte estacionaria de la máquina, como es el alojamiento o soporte; uno de los rodamientos es fijo y el otro libre.

El rodamiento fijo en uno de los extremos del eje proporciona soporte radial y al mismo tiempo, fija el eje axialmente en ambos sentidos, por lo que debe quedar sujeto lateralmente en el eje y en el alojamiento. Los rodamientos radiales que soportan cargas combinadas son adecuados para emplearlos como rodamientos fijos.

El rodamiento libre en el otro extremo del eje solo proporciona soporte radial y para evitar que se produzcan tensiones reciprocas entre los rodamientos, debe permitir los desplazamientos axiales originados por ejemplo por las dilataciones térmicas del eje.

* Glosario

Este tipo de rodamientos puede soportar cargas radiales medias, así como cargas axiales; tienen un bajo rozamiento y pueden producirse con alta precisión y en variantes de funcionamiento silencioso. Este tipo de rodamientos son preferidos, por consiguiente, para motores eléctricos de tamaño medio y pequeño.

Los rodamientos de rodillos a rotula pueden soportar cargas muy pesadas y son autoalineables. Estas propiedades hacen que sean especialmente adecuados, por ejemplo, para aplicaciones en ingeniería pesada, donde las cargas son extremas y producen deformaciones y desalineaciones.

2.3 EJES

Son miembros rotatorios o estacionarios los cuales generalmente tienen una sección transversal circular mucho más pequeña en el diámetro que en su longitud misma y tiene montados elementos transmisores de potencia tales como engranes, poleas*, bandas, cadenas, levas, volantes*, manivelas*, ruedas dentadas y cojinetes de elementos rodantes. La carga sobre el eje puede ser de varias combinaciones de flexión* (casi siempre fluctuante); de torsión (fluctuante o no); de cortante de choque, axial, normal o transversal.

La geometría de un eje es tal que generalmente será la variable que se use para satisfacer un diseño. Con frecuencia en las aplicaciones en las aplicaciones prácticas el eje puede ser escalonado en vez de tener un diámetro constante. Algunos de los puntos principales que se consideran en el diseño de un eje son la resistencia, usando el criterio de fluencia o de fatiga (o ambos); la deflexión* y la dinámica que se establece por las velocidades críticas.

* Glosario

2.4 MATERIALES PARA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS

2.4.1 Acero

El Acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el cromo o níquel se agregan con propósitos determinados.

Ya que el acero es hierro altamente refinado (más de un 98%), su fabricación comienza con la reducción de hierro que se convierte más tarde en acero. El hierro puro es uno de los elementos del acero, por lo tanto consiste solamente de un tipo de átomos. No se encuentra libre en la naturaleza ya que químicamente reacciona con facilidad con el oxígeno del aire para formar óxido de hierro. El óxido se encuentra en cantidades significativas en el mineral de hierro, es una concentración de óxido de hierro con impurezas y materiales férreos

Clasificación del acero

Los diferentes tipos de acero se clasifican de acuerdo a los elementos de aleación.

- **Aceros al carbono**

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero.

- **Aceros aleados**

Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros de aleación se pueden subclasificar en:

Estructurales: Son aquellos aceros que se emplean para diversas partes de máquinas, tales como engranajes, ejes y palancas. Además se utilizan en las estructuras de edificios, construcción de chasis de automóviles, puentes, barcos y semejantes. El contenido de la aleación varía desde 0,25% a un 6%.

Para herramientas: Aceros de alta calidad que se emplean en herramientas para cortar y modelar metales y no-metales. Por lo tanto, son materiales empleados para cortar y construir herramientas tales como taladros, escariadores, fresas, terrajas y machos de roscar

Especiales: Los Aceros de Aleación especiales son los aceros inoxidable y aquellos con un contenido de cromo generalmente superior al 12%. Estos aceros de gran dureza y alta resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión, se emplean en turbinas de vapor, engranajes, ejes y rodamientos.

- **Aceros inoxidables**

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas,

para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurece los alimentos y pueden limpiarse con facilidad.

2.4.2 Aluminio

Las características sobresalientes del aluminio y sus aleaciones son su relación resistencia-peso, su resistencia a la corrosión, su alta conductividad térmica y eléctrica. La densidad del aluminio es de aproximadamente 2770 Kg/m^3 , comparada con 7750 Kg/m^3 para el acero. El aluminio puro, tiene una resistencia a la tensión de de aproximadamente 90 Mpa , pero se puede mejorar mucho mediante el trabajo en frío y también aleándolo con otros materiales.

El modulo de elasticidad del aluminio, así como de sus aleaciones, es 71 Gpa , lo que significa que su rigidez* es aproximadamente un tercio que la del acero.

Considerando el costo y la resistencia del aluminio y sus aleaciones, estos productos se encuentran entre los materiales más versátiles desde el punto de vista de la fabricación. La resistencia a la corrosión de las aleaciones de aluminio depende de la formación de un recubrimiento delgado de oxido. Dicha película se forma espontáneamente porque es inherentemente muy reactivo.

La erosión constante o la abrasión remueven esta película y permite que la corrosión tenga lugar. Se puede producir una película de óxido muy pesada mediante el proceso llamado anodizado. En este proceso el elemento de aluminio se coloca como el ánodo en un electrolito, que puede ser ácido crómico, ácido

* Glosario

oxálico o ácido sulfúrico. En el proceso se controla el color de la película resultante de manera muy exacta.

El aluminio puro es blando y tiene poca resistencia mecánica, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia y adquirir varias propiedades útiles. Las aleaciones de aluminio son ligeras, fuertes, y de fácil formación para muchos procesos de metalistería; son fáciles de ensamblar, fundir o maquinar y aceptan gran variedad de acabados. Por sus propiedades físicas, químicas y metalúrgicas, el aluminio se ha convertido en el metal no ferroso de mayor uso.

Este material es estable al aire y resistente a la corrosión por el agua de mar, a muchas soluciones acuosas y otros agentes químicos. Esto se debe a la protección del metal por una capa impenetrable de óxido. A una pureza superior al 99.95%, resiste el ataque de la mayor parte de los ácidos, pero se disuelve en agua regia. Su capa de óxido se disuelve en soluciones alcalinas y la corrosión es rápida.

2.4.3 Polímeros

El término termoplástico, se usa para indicar cualquier plástico que fluye o que se puede moldear cuando se le aplica calor; algunas veces también se aplica a los que se moldean bajo presión y que se pueden volver a moldear de nuevo cuando se calientan.

Un termo fijo es un plástico para el que el proceso de polimerización termina en una prensa de moldeo en caliente, donde el plástico se licua bajo presión. Los plásticos termo fijos no se pueden volver a moldear.

La gama de propiedades y características que se obtienen con los plásticos es muy amplia. Se debe considerar la influencia de muchos factores, tales como el costo, la moldeabilidad, el coeficiente de fricción, la intemperización, la resistencia al impacto y los efectos de llenadores y refuerzos. Los catálogos de los fabricantes son muy útiles para facilitar la selección de estos materiales.

2.5 ELEMENTOS PARA SELLADO

En la actualidad los elementos utilizados comercialmente para el sellado de cajas en zonas de embalaje son la cinta adhesiva, las grapas y los adhesivos termofundibles. La selección de estos depende del ambiente, de los productos empacados y de la seguridad que brinda cada uno. A continuación se expondrán con sus características.

2.5.1 Cinta adhesiva

Normalmente se usa para el cerrado de cajas pero también puede ser utilizada para cerrar bolsas de plástico.

El ancho más utilizado es de 50 mm., aunque algunas veces también se gasta en 38 o 75 mm. En cuanto al largo depende de la caja. En general se gasta en 66 metros de largo, pero también se suele gastar en 100, 132 o 200 metros. Esta cinta permite realizar una buena promoción publicitaria para el fabricante propietario de los embalajes, por esto una buena parte de esta cinta se sirve impresa con el nombre del cliente. Al mismo tiempo estas cintas impresas con el nombre del cliente son un sistema simple y eficaz de evitar robos en los traslados, ya que es difícil abrir la caja y después volver a pegarla con la misma cinta.

- **Cinta de usar y tirar (enmascarar)**

Esta cinta se utiliza mayormente en construcción, para pintar las paredes de los pisos, pero también puede tener otras aplicaciones como: pintura de coches, sujeción de rollos de tela, material eléctrico, etc.

Otra variante de esta cinta es la de papel para embalaje en sustitución de la de plástico y también para el precintado de cuadros por la parte trasera. El papel para el embalaje se está usando cada vez más por su ya que es biodegradable.

- **Doble cara: La adhesión doble**

Estas son las cintas para finar moquetas y alfombras, enganchar clichés en las máquinas de imprimir, pegar números y carteles de aluminio, etc. Es muy usada en el sector del automóvil para pegar retrovisores. El soporte de esta cinta es su propio cuerpo porque tiene adhesivo por las dos caras. Tiene un costo elevado.

- **Cintas papelería**

Son rollitos de cinta adhesiva, generalmente transparentes que se usan para pegar sobre papeles, envolver regalos, cerrar bolsas, etc.

- **Cinta reforzada**

Es una cinta adhesiva reforzada con hilos de fibra de vidrio. Normalmente estos hilos van colocados longitudinalmente, pero también existen calidades con los hilos colocados longitudinal y transversalmente.

Es una cinta muy utilizada cuando además de pegar debe resistir fuertes tensiones. Se suele usar para el encintado de cajas pesadas, la sujeción de tubos o de planchas de metal.

- **Cintas plastificadas especiales (aislante)**

Son cintas de PVC flexible, adaptable e impregnable y están concebidas para aislar cualquier instalación eléctrica. Sirven para hacer empalmes y para reparaciones eléctricas en general y en caso de fuego no propagan la llama una vez ha tenido contacto con ella.

Desventajas de las cintas adhesivas

- Estos adhesivos pierden fuerza con el tiempo por lo que se recomienda no almacenarlos más de seis meses.
- Las cintas adhesivas son muy susceptibles a los cambios de temperatura.
- Las cintas adhesivas pegan por simple presión sobre toda la superficie. Es susceptible al polvo, humedad o grasa.
- Además el costo de embalaje se eleva.

2.5.2 Grapas

Las grapas son un elemento de fijación común en el embalaje y aunque cada vez se usan menos en el cerrado de cajas de cartón, tienen otras muchas aplicaciones que las hacen un elemento indispensable en ciertos procesos de envase y embalaje. Para esquematizar, se puede hacer una división de las grapas según su aplicación y, siguiendo este camino, se tienen los siguientes grupos:

- Grapas para cerrar cajas de cartón.
- Grapas y sistemas para grapar mallas
- Grapas para anillado.
- Grapas y clavos para madera y muebles.

Grapas para cerrar cajas: Estas grapas se fabrican con una lámina de unos 2mm las cuales se doblan para conseguir la forma de U. Las grapadoras tienen unas uñas que clavándose en el cartón y haciendo un movimiento de semicírculo, consiguen doblar las dos patas de la grapa por la parte interior de la caja de cartón.

Este sistema consigue dar una gran resistencia a la apertura de la caja ya que la fuerza que se hace sobre la solapa superior es mayor que con otros sistemas, porque se agarra a la solapa inferior por la grapa. Este sistema de cerrado de cajas esta en desuso por la dificultad que tiene de reciclarse el cartón con partes metálicas, a la hora de reciclar el material.

2.5.3 Adhesivos termofundibles

Los adhesivos termofundibles son una goma muy similar a la silicona caliente, a diferencia que el hotmelt viene en forma de pellets y en cartuchos mientras que la otra en barras. Este adhesivo se funde a altas temperaturas hasta que tenga una viscosidad* adecuada, dependiendo de los materiales al cual se le aplicará el adhesivo. En este caso se expondrán tipos de hotmelt para embalajes y papeles.



Figura 5 Hotmelt⁹

Estos tipos de adhesivos tienen una característica muy importante, que poseen excelente fuerza adhesiva y son resistentes al calor después de que es aplicado,

* Glosario

⁹ <http://www.artecola.com.br/embalaje>

permitiendo que cuando la caja es abierta no se pueda reutilizar el pegante, garantizando la totalidad de los productos dentro de esta.



Figura 6 Hotmelt en cartucho¹⁰

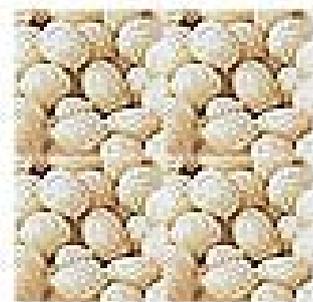


Figura 7 hotmelt en pellets¹¹

2.5.4 Unidad aplicadora de hotmelt

Este equipo es diseñado para fundir adhesivos y otros materiales termoplásticos con viscosidades comprendidas entre 1000 y 30000 centipoises y entregarlos a través de mangueras y pistolas de extrusión a un sustrato.



Figura 8 Unidad aplicadora de Hotmelt 4L¹²



Figura 9 Unidad aplicadora de Hotmelt 12L¹³

¹⁰ <http://www.artecola.com.br/embalaje>

¹¹ Ibid. Artecola.

¹² <http://www.robatech.com/products/aplique>

¹³ Ibid. Robatech.

El adhesivo hotmelt se funde en un tanque de aluminio recubierto en teflón con capacidad de 4 a 12 litros e indicador de nivel. El adhesivo se transfiere por medio de una bomba*, luego el adhesivo pasa por un distribuidor y a través de un filtro a las mangueras y pistolas calefactadas.

Los equipos cuentan con RTD*, gracias a esto el equipo tiene las siguientes características.

- Sistema de control digital, que permite un control individual para cada elemento del sistema, con una precisión aproximada 1°C.
- Indicador de nivel de adhesivo.
- Sistema contador de horas de trabajo para mantenimientos preventivos.
- Capacidad eléctrica para dos salidas para dos mangueras y dos pistolas.
- Protección de sobre temperatura.
- Luces indicadoras de sistema listo para operar, advertencia de falla y breacker* de protección.

2.5.5 Tubos flexibles



Figura 10 Acoples para máquina de hotmelt¹⁴



Figura 11 Tubo flexible para hotmelt¹⁵

* Glosario

¹⁴ <http://www.nordsoncorporation.com>

¹⁵ Ibid.

Estos tubos tienen la capacidad de mantener una temperatura estable en toda la longitud de la manguera, para que el hotmelt pueda transportarse con facilidad hacia los aplicadores*. Las especificaciones de estas mangueras se expondrán mas adelante.

2.5.6 Aplicadores o pistolas

Los aplicadores o pistolas son electroválvulas que cuando reciben señales eléctricas y bombean el adhesivo en intervalos de tiempo, estos son graduados en la unidad termo fundible.

Estas pistolas poseen dos entradas, una entrada es para los cables eléctricos, que vienen de la unidad termo fundible para graduar la temperatura en el aplicador, y la otra entrada, es en la que llega el adhesivo ya fundido que es bombeado desde el tanque.

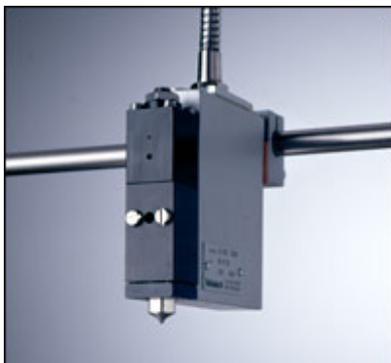


Figura 12 Aplicador de hotmelt¹⁶



Figura 13 Boquillas para aplicador de hotmelt¹⁷

Estos aplicadores tienen una gran variedad de boquillas para graduarle el flujo y dirección de salida del adhesivo, dependiendo el trabajo que se realice.

* Glosario

¹⁶ <http://www.itwdynatec.com/applicationsolution>

¹⁷ Ibid.

2.6 ACTUADORES NEUMÁTICOS

El trabajo de estudio de automatización de una máquina no acaba con el esquema de automatismo a realizar sino con la adecuada elección del receptor a utilizar y la perfecta unión entre este y la máquina a la cual sirve.

Su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico y movimiento rectilíneo que consta de carrera de avance y carrera de retroceso. Los actuadores neumáticos se pueden clasificar en dos grupos.

A. Actuadores de simple efecto

Los actuadores de simple efecto solo pueden realizar trabajo en un único sentido, pues su retorno a la posición inicial se realiza por medio de un muelle que lleva el actuador incorporado. Según la disposición de este muelle el actuador de simple efecto pueden aplicarse para trabajar a compresión (vástago recogido en reposo y muelle en la cámara anterior), o para trabajar a tracción (vástago desplazado en reposo y muelle en la cámara posterior).

B. Actuadores de doble efecto

Los actuadores de doble efecto pueden realizar trabajo tanto de salida o entrada del vástago, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del actuador.

Fuerza del actuador

La transmisión de potencia mediante el aire comprimido se basa en el principio de Pascal "toda presión ejercida sobre un fluido se transmite íntegramente en todas

las direcciones". En los actuadores* de simple efecto debe reducirse la fuerza del muelle recuperador, y en los de doble efecto debe deducirse dependiendo del área del vástago y el área total del émbolo.

Para el cálculo de cada uno de los actuadores es necesario conocer la fuerza que deberán ejercer y la presión de alimentación disponible para cada uno, por ello se ha realizado el cálculo de pesos para cada pieza que intervenga en el accionamiento de los actuadores. Para esto se usa como elemento de ayuda la herramienta de propiedades físicas de Solid Edge.

Además se deben tener en cuenta las fuerzas ejercidas por otros elementos de la máquina para tener la fuerza total resultante que debe hacer el actuador.

Con los datos de pesos, fuerzas, presiones y las siguientes ecuaciones se puede hacer el correspondiente cálculo para cada actuador

$m = \rho * V$	9
$F = P * A$	10
$A = \pi * r^2$	11
$d = 2 * r$	12

$m =$ masa del Sólido

$\rho =$ densidad específica

$V =$ Volumen del sólido

$F =$ Fuerza teórica del émbolo

$P =$ Presión de trabajo

$A =$ Superficie útil del émbolo

$r =$ radio del émbolo

$d =$ Diámetro del émbolo

* Glosario

2.7 SENSORES DE PROXIMIDAD ÓPTICOS

2.7.1 Características generales

Los sensores de proximidad ópticos* utilizan medios ópticos y electrónicos para la detección de objetos. Para ello se utiliza luz roja o infrarroja*. Los diodos semiconductores emisores de luz (LED's) son una fuente particularmente de luz roja e infrarroja. Son pequeños y robustos, tienen una larga vida útil y pueden modularse fácilmente. Los fotodiodos y fototransistores se utilizan como elementos receptores.

Cuando se ajusta un sensor de proximidad óptico, la luz roja tiene la ventaja sobre la infrarroja de que es visible. Además pueden utilizarse fácilmente cables de fibra óptica de polímero en la longitud de onda del rojo, dada su baja atenuación de la luz.

La luz infrarroja (invisible) se utiliza en ocasiones en las que se requiere mayores prestaciones, por ejemplo, para cubrir mayores distancias. Además la luz infrarroja es menos susceptible a las interferencias (luz ambiental).

Con sensores de barrera y de retroreflexión, se distinguen las siguientes funciones de conmutación:

- **Método de detección por luz**

La salida conecta cuando el rayo de luz no está interrumpido por un objeto (contactos normalmente abiertos). En el caso de una barrera que se active por luz, la salida en el receptor está activada si no hay ningún objeto que obstruya el rayo de luz.

* Glosario

- **Método de detección por oscuridad**

La salida esta inactiva (sin conmutar) cuando el rayo de luz no está interrumpido por ningún objeto (contactos normalmente cerrados). En el caso de una barrera que se active por oscuridad, la salida del receptor se conecta si hay un objeto que irrumpe en el rayo de luz.

Las funciones de conmutación de los sensores de reflexión directa son como sigue:

- **Método de detección por luz**

La salida cierra si el objeto a detectar se introduce en el rayo de luz.

(Salida normalmente abierta N/A = Normalmente abierta).

- **Método de detección por oscuridad**

La salida abre si el objeto a detectar se introduce en el rayo de luz.

(Salida normalmente cerrada. N/C = Normalmente Cerrada).

2.7.2 Ventajas del sensor de barrera

- Incremento en la fiabilidad debido a la presencia permanente de luz durante el estado de reposo y amplio alcance.
- Pueden detectarse pequeños objetos incluso a largas distancias
- Adecuado para ambientes agresivos
- Los objetos pueden ser reflectantes, especulares o traslúcidos
- Buena precisión de posicionado.

2.7.3 Desventajas del sensor de barrera

- Dos elementos separados forman el sensor (emisor y receptor), con lo que requieren conexiones independientes
- No pueden utilizarse para objetos completamente transparentes.

2.7.4 Ventajas del sensor de retroreflexión

- Mejor fiabilidad dado que hay luz permanentemente durante el estado de reposo
- Instalación y ajustes sencillos
- El objeto a detectar puede ser reflectante, especular o transparente, siempre que absorba un porcentaje suficiente elevado de luz
- En muchos casos, cubren un rango mayor en comparación con los sensores de reflexión directa.

2.7.5 Desventajas de los sensores de retroreflexión

- En el caso de objetos transparentes, el rayo de luz atraviesa dos veces el objeto y como resultado de ello se ve atenuado. Es posible detectar objetos de este tipo con un ajuste adecuado del potenciómetro
- Los objetos reflectantes deben disponerse de forma tal que se asegure que no reflejarán directa o indirectamente sobre el receptor
- Con objetos particularmente pequeños, un orificio en el rayo de luz puede mejorar la efectividad
- Un fallo en el emisor, es evaluado como “objeto presente”
- Los reflectores pueden deteriorarse por envejecimiento o suciedad. A temperaturas por encima de los 80°C, el plástico puede quedar dañado

permanentemente. Los reflectores inadecuados pueden limitar considerablemente el rango de efectividad del sensor.

2.7.6 Ventajas del sensor de reflexión directa

- Ya que es la propia reflexión del objeto la que activa el sensor, no se requiere un reflector adicional.
- El objeto puede ser reflectante, especular o transparente y hasta traslúcido mientras refleje un porcentaje suficiente elevado del rayo de luz que recibe.
- Mientras que en el sensor de barrera, los objetos solo pueden detectarse lateralmente, los sensores de reflexión directa permiten detectar en posición frontal, es decir, en la dirección del rayo de luz.
- Dependiendo del ajuste del sensor de reflexión directa, los objetos pueden detectarse selectivamente frente a un fondo.

2.7.7 Desventajas de los sensores de reflexión directa

- La respuesta no es completamente lineal. Por ello los sensores de reflexión directa no son tan adecuados como los sensores de barrera si se necesita una elevada precisión de respuesta lateral.

2.8 ELECTROVÁLVULAS

Las combinaciones de electricidad y neumática son usadas frecuentemente en máquinas e instalaciones. La principal aplicación de los sistemas electroneumáticos se encuentra en aquellos casos en los que el aire comprimido se usa como fuente de energía con ayuda de los actuadores.

Las electro válvulas pueden ser usadas como elementos intermedios de control cuando se acude a ellas para accionar los actuadores que ejercerá el trabajo necesario para un proceso, también se pueden usar como elementos finales de control cuando ellas mismas son el elemento que actúa sobre el proceso.

Ventajas:

- Gran velocidad de transmisión de las señales ya que una línea eléctrica la distancia no tiene consecuencia en el tiempo de respuesta, a diferencia de una línea neumática.
- Aumento de la posibilidad de control debido al constante crecimiento y evolución de estos elementos eléctricos y electrónicos.

2.9 PLC's

2.9.1 Conceptos básicos

Un controlador Lógico Programable, también llamado PLC, es un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas de tipo Lógicas, secuenciales*, temporizados, conteos y aritméticas; con el objeto de controlar máquina y procesos.

Los PLC son utilizados donde se requieren tanto de controles lógicos como secuenciales, o ambos a la vez.

Su aplicación es generalizada en diferentes procesos industriales, por ejemplo: tratamiento de aguas, calefacción, climatización, control de acceso, puertas

* Glosario

automáticas, distribuidores automáticos, máquinas de lavado de vehículos, máquina de acondicionamiento, embalaje e imprenta, equipos médicos, manipuladores, accionamiento de bombas, construcción mecánica, mantenimiento, máquina textil, etc.

2.9.2 Estructura de un plc

La estructura básica de un PLC se puede ejemplificar con la siguiente figura:

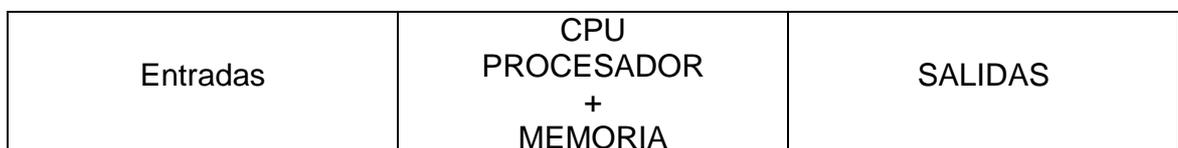


Figura 14 Estructura básica del PLC

- **CPU***

La CPU es el cerebro del PLC, es responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario. Está formado por dos partes fundamentales: el o los procesadores* y las memorias. Puede contener también otros elementos como puertos de comunicaciones, circuitos de diagnóstico*, Fuentes de alimentación, etc.

- **Procesador**

El procesador tiene como tarea principal la de ejecutar el programa realizado por el usuario, pero tiene también otras tareas, como la de administrar la comunicación y ejecutar los programas de autodiagnósticos.

Para poder realizar todas estas tareas, el procesador necesita un lenguaje escrito por el fabricante, llamado sistema operativo. Este programa no es accesible por el

* Glosario

usuario y se encuentra grabado en la memoria no volátil* que forma parte de la CPU. Todas las tareas que realiza el procesador son ejecutadas en forma secuencial y cíclica mientras este alimentado con tensión. A cada ciclo se lo denomina Barrido u Scan.

- **Memoria**

El sistema operativo, el programa de aplicación, las tablas de entradas y salidas, los registros internos, están asociados a distintos tipos de memoria. La capacidad de almacenamiento de una memoria suele cuantificarse en bits*, bytes*, o words*. El sistema operativo viene grabado por el fabricante, y como debe permanecer inalterado, el usuario no debe tener acceso a él. Se guarda en una memoria como las ROM, EPROM, EEPROM, que son memorias cuyo contenido permanece inalterable en ausencia de alimentación. El programa construido por el usuario debe permanecer estable durante el funcionamiento del equipo, y además debe ser fácil de leer, escribir o borrar. Por eso es que se usa para su almacenamiento memorias tipo RAM o EEPROM. En el caso de usar memorias tipo RAM, será necesario también el uso de pilas puesto que este tipo de memoria se borra con la ausencia de alimentación.

2.9.3 Entradas y salidas

Las entradas y salidas son los elementos del PLC que lo vinculan al campo. En el caso de las entradas deben ser adecuadas a las tensiones y corrientes que maneja el procesador para que este las pueda reconocer en el caso de las salidas, las señales del procesador deben ser modificadas para actuar sobre algún dispositivo del campo.

Esto se puede realizar con el uso de transistores triacs o relés*.

* Glosario

Como no todas las señales que van o vienen del campo son del mismo tipo, las interfases de entrada y salida cumplen un rol fundamental.

2.9.4 Criterios de selección

A pesar de que la oferta es tan amplia que se puede caer en la tentación de no hacer un análisis profundo, la correcta elección del PLC, es esencial si se desea que satisfaga todas las necesidades de una aplicación, los criterios resultantes para la elección de un PLC son de cuatro tipos:

- Funcionales: Hacen referencia a la tarea a realizar.
- Tecnológicos: Para la adecuación del PLC a su entorno de trabajo. Entradas y salidas con sus respectivos acoples si es necesario.
- Operacionales: Definen las limitaciones del funcionamiento.
- Económicos: En general, son los que mas se tienen en cuenta.

3 DESARROLLO INGENIERIL

3.1 BANDAS PARA TRANSPORTE

Para este proyecto se ve la necesidad de usar bandas transportadoras debido a que se va a manejar un flujo de cajas que serán cerradas y selladas, estas bandas deben cumplir con ciertas características. La primera banda debe acumular cajas mientras que más adelante en otra banda con superficie de goma se transporta la caja a la cual se le aplicará el adhesivo térmico* hotmelt.

Existe un gran número de variables que permiten llegar a una selección exitosa de la banda transportadora requerida para un proceso determinado. Entre las más importantes y comunes se tienen:

- Capacidad y peso.
- Distancia de transporte.
- Niveles de transporte.
- Interferencias, limitaciones, apoyos.
- Función requerida del medio transportador.
- Condiciones ambientales.
- Recursos energéticos.
- Recursos financieros (presupuesto).
- Clasificación de usuarios y tiempo de utilización

Las características de funcionamiento de la banda transportadora delimitan la velocidad de todo el proceso, ya que es el sistema de transporte para toda la

* Glosario

máquina. Según la velocidad a la que se mueva la banda transportadora estarán diseñados otros sistemas. Además la cantidad de cajas selladas depende directamente de la velocidad de funcionamiento de la banda.

La banda seleccionada para la etapa de sellado debe tener gran adherencia o fricción para mantener el movimiento de la caja a lo largo del proceso, para tal fin la mejor banda es la de superficie en goma, las características de este tipo de banda son las siguientes.

Material:	Tela con caucho
Tamaño:	0.002m
Diámetro mínimo del rodillo:	0.061 m
Tensión permisible:	11811.023N
Peso específico:	1245.560 N / m ³
Coefficiente de fricción:	0.800

Tabla 1 Características para banda de tela impregnada con caucho y nylon

Para obtener la velocidad que debe tener la banda es necesario saber la dimensión de las cajas que serán selladas y la distancia entre ellas y la cantidad máxima de cajas que deben ser selladas en un periodo de tiempo suponiendo condiciones de operación extremas.

REFERENCIA	Ancho	Largo	Alto
R3	0.300m	0.400m	0.300m
R4	0.200m	0.300m	0.300m

Tabla 2 Dimensiones de las cajas

Para efectos de selección de la banda se debe tener en cuenta que el mínimo de ancho para la banda corresponde al máximo de ancho de la caja.

La siguiente ecuación sirve para dar una aproximación, se selecciona una distancia un poco menor por reducción de costos en los materiales.

$$L \approx 2(L_{CAJA}) \quad 13$$

Donde L_{CAJA} es la longitud de una caja.

Reemplazando la longitud estándar de las cajas en la ecuación 13 se obtiene:

$$L \approx 2(0.500m)$$

Donde L es la longitud de la banda transportadora.

$$L = 1m$$

El material de la banda debe ser diferente dependiendo de la aplicación y la etapa del proceso de sellado pues en la parte de transporte solo se necesita el movimiento horizontal de las cajas y para esto se puede usar una banda con tela de caucho sobre superficie plana, esta banda tiene muy buena adherencia con la caja y además es de bajo costo.

En la parte de despliegue, adicionalmente al movimiento horizontal se debe tener en cuenta que se pueden generar acumulaciones por lo cual la banda debe ser con superficie en rodillos vivos.

3.1.1 Potencia Mecánica

Torque generado por la fuerza de fricción entre la banda plana y la lámina base
La fuerza de fricción se crea con el avance de la banda como según la figura15.

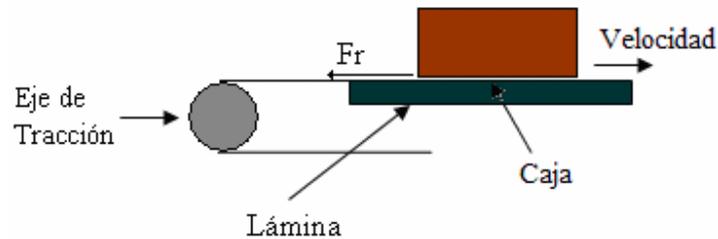


Figura 15 Esquema general de banda transportadora*

El peso aproximado por exceso de una caja con sus respectivos productos en el interior es de 20 Kg., por lo cual se tiene:

$$m = 20Kg$$

Siendo m la masa de la caja llena de producto, la fuerza de fricción esta dada por

$$Fr = \mu N \tag{14}$$

Mediante tablas suministradas por el fabricante, el coeficiente de fricción estático entre los materiales es:

$\mu = 0.8$ (para la tela con caucho), ver tabla 1.

En este caso la normal N es igual al peso.

$$N = W$$

De la ecuación 14 se deduce que la fuerza de rozamiento es igual a:

$$F_r = 0.800 \left(9.810 \frac{m}{s^2} \right) (20Kg)$$

$$F_r = 156.960N$$

La magnitud W del peso de una partícula m puede expresarse como:

* Los autores

$$W = mg \quad 15$$

Teniendo en cuenta el peso del material de la banda, entonces:

$$m_{banda} = \rho V \quad 16$$

En la ecuación anterior, ρ es la densidad del material escogido que se encuentra en la tabla 1, y V es el volumen de sección de la banda en 1 metro de longitud.

Con las ecuaciones (14) y (16) se halla la fuerza de fricción total.

$$W_{banda} = 1245.560 \frac{Kg}{m^3} (0.400m)(0.005m)(1m) = 2.490Kg$$

$$F_r = 0.800 \left(9.810 \frac{m}{s^2} \right) (20Kg + 2.490Kg)$$

$$F_r = 176.320N$$

La potencia necesaria para mover esta banda se puede hallar teniendo los valores de velocidad de operación de la banda y con el peso que debe transportar, así se tiene:

La velocidad necesaria para que la banda cumpla con la cantidad de cajas que se embalan a diario es de 9m/min.

$$P = F * V \quad 17$$

$$P = 176.320N * 9 \frac{m}{min}$$

$$P = 176.320N * 9 \frac{m}{min} * 1 \frac{min}{60seg}$$

$$P = 26.450W$$

$$P = 0.035HP$$

Donde:

P = Potencia necesaria para accionar la banda.

F = Fuerza de fricción calculada entre la tela de caucho y la superficie metálica debida a la masa m .

V = Velocidad de la banda.

3.1.2 Velocidad del rodillo Transmisor

Se conoce la velocidad de la banda en m/min y se debe pasar a m/seg de la siguiente manera:

$$V = 9 \frac{m}{\min} * \frac{1 \min}{60 \text{seg}}$$

$$V = 0.150 \frac{m}{\text{seg}}$$

Ahora, con el diámetro del cilindro motor de la banda $D=4\text{in}$ o $D=0.101\text{m}$ en sistema internacional se tiene:

$$V = \omega * r \quad 18$$

$$V = \frac{2\pi N}{60} * r \quad 19$$

$$N = \frac{60 * V}{2\pi * r} \quad 20$$

$$N = \frac{60 * (0.150 \frac{m}{s})}{2\pi * 0.050\text{m}} = 28.180 \text{ rpm}$$

Donde

N = Velocidad en rpm del eje motriz

r = radio del eje

3.1.3 Torque del rodillo Transmisor

Las fuerzas de fricción generan un torque que se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T = Fr(r) \quad 21$$

Donde T es torque y r es el radio del rodillo transmisor.

El diámetro exterior del rodillo es proporcional al área de tracción.

$$T = 176.320N * 0.101m / 2$$
$$T = 8.957Nm$$

3.1.4 Selección del tipo de motor

Para hallar la potencia que debe entregar el motor solo hace falta conocer los valores de potencia mecánica total y la relación de reducción. Se conoce el valor de potencia mecánica que necesita la máquina y el factor de seguridad se puede suponer. Lo ideal es que el factor de seguridad esté entre 0.5 y 0.83, se eligió un FS=0.82 para no sobredimensionar mucho el diseño; esto ahorra en costo de inversión y de consumo de energía, además el motor puede ser más pequeño para ahorrar espacio. Los diámetros son iguales por esto la relación es de 1.

$$P_{motor} = \frac{P_{mec} * \eta}{FS} \quad 22$$

$$P_{motor} = \frac{0.035HP * 1}{0.820}$$

$$P_{motor} = 0.043HP = 32.490W$$

donde

η = Factor de Reducción

Los motores que vienen con este tipo de bandas son de 1/2 HP estándar; Disponible desde 3/4 HP hasta 1 HP. Se selecciona un motor de 1/2 HP que es suficiente para mover la banda con su máxima carga.

3.1.5 Tensiones en la banda

Para calcular las tensiones de la banda flexible es necesario conocer valor del torque real del eje motriz. Anteriormente se había calculado el torque generado por las fuerzas de fricción, este torque puede ser usado como una aproximación del torque real para el cálculo de tensión en bandas.

La tensión de la banda se divide en dos:

- Tensión en el lado tirante (F_1)
- Tensión en el lado flojo (F_2)

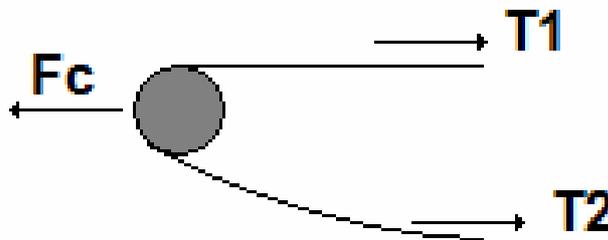


Figura 16 Tensiones en la banda transportadora[♦]

Con los valores de la tensión y el diámetro, y recurriendo a la ecuación 6 se realiza el correspondiente cálculo para hallar las tensiones como sigue:

$$F_1 - F_2 = \frac{2(8.957 Nm)}{0,101m} = 176.320 N$$

[♦] Los autores

Por medio de las ecuaciones 1 y 2 se hallan los ángulos de contacto, sabiendo que los diámetros de las poleas son iguales por lo cual se tiene:

$$\theta_d = \pi - 2\text{sen}^{-1}(0) = \pi$$

$$\theta_D = \pi + 2\text{sen}^{-1}(0) = \pi$$

La longitud de la banda plana se determina con la ecuación 3

$$L = \left[4(1m)^2 - 0 \right]^{1/2} + \frac{1}{2} \left((0.101m * \pi) + (0.101m * \pi) \right)$$

$$L = 2m + \frac{1}{2} (2(0.101m * \pi)) = 2m + (0.101m * \pi)$$

$$L = 2.319m$$

La tensión inicial de la banda esta dada por la ecuación 8, el coeficiente de fricción es el mostrado según la tabla1.

$$F_i = \frac{8.957Nm}{0.102m} \left(\frac{e^{(0.8\pi)} + 1}{e^{(0.8\pi)} - 1} \right)$$

$$F_i = 88.159N \left(\frac{13.345}{11.345} \right)$$

$$F_i = 103.701N$$

Donde:

$$e^{f\theta} = \frac{F_1}{F_2}$$

f = Coeficiente de fricción

θ = Angulo de contacto

A medida que el motor aumenta su velocidad, se produce una fuerza centrífuga directamente proporcional que aumenta la tensión de funcionamiento, es necesario tener en cuenta esta fuerza para el completo cálculo de fuerzas en la

banda. Para ello se debe conocer la masa de la banda por unidad de metro para calcular la fuerza centrífuga generada por ella.

$$m_{banda} = 1245.560 \frac{kg}{m^3} (0.400 m)(0.005 m) = 2.490 \frac{kg}{m}$$

El valor de la velocidad lineal es de 9m/min como se especificó anteriormente

$$F_c = m_{banda} v^2 \quad 23^{18}$$

$$F_c = 2.490 \frac{Kg}{m} \left(9 \frac{m}{min} * 1 \frac{min}{60 seg} \right)^2 = 2.490 \frac{Kg}{m} \left(3 \frac{m}{20 seg} \right)^2$$

$$F_c = 2.490 * (0.022) \frac{Kgm}{seg^2} = 0.056 N$$

De las ecuaciones 4 y 5 se obtiene:

$$F_1 = 103.701 N + 0.056 N + \frac{8.957 Nm}{0.102 m} = 191.917 N$$

$$F_2 = 103.701 N + 0.056 N - \frac{8.957 Nm}{0.102 m} = 15.597 N$$

La fuerza total ($F_1 + F_2$) esta distribuida de forma uniforme a lo ancho de la banda, la densidad de distribución esta dada por

$$F = \frac{F_1 + F_2}{l_{ancho}} \quad 24$$

$$F = \frac{191.917 N + 15.597 N}{0.400 m} = 518.780 \frac{N}{m}$$

¹⁸ SHIGLEY, Op. cit., P. 1065

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente se busca una banda de cama deslizante que cumpla con las condiciones encontradas. Para ello, para la aplicación se ha optado por consultar los modelos disponibles por el distribuidor Hytrol, quien provee actualmente las bandas a la compañía Belcorp S.A.



Figura 17 Banda transportadora modelo TR de Hytrol¹⁹

CARACTERÍSTICAS:

- Puede transportar fácilmente cajas, cartones, bolsas, etc., así como también partes sueltas.
- Cama de 4" de profundidad, calibre 12, con guardas de 2-1/2" de altura - Acabado con pintura electrostática
- Anchos de banda:: 6", 8", 10", 12", 14", 16", 18", 20", 24", & 30"
- Unidad Motriz en el extremo (Estándar)
- Motor de 1/2 HP estándar - Disponible desde 3/4 HP hasta 1 HP
- Soportes disponibles, ajustables al piso.
- Capacidad - Carga máxima por pie lineal de transportador: 75 lbs. No exceder las capacidades estimadas.
- Reversible (con unidad motriz en el centro)

La banda transportadora donde se ubicaran las cuchillas es de acumulación, a ella llegan las cajas con el producto en su interior. La banda es de rodillos vivos modelo 190 LR que es fabricada por HYTROL, diseñada para transportar cargas

¹⁹ Hytrol, Catalogo de productos, 2004., P. 8

medianas a pesadas; esta banda da la ventaja de retirar algunos de sus rodillos para crear un espacio suficiente donde situar las cuchillas que romperán las pestañas que en este momento aún están pegadas entre si.



Figura 18 Banda transportadora modelo 190 LR de Hytrol²⁰

El Modelo 190-LR es un transportador de rodillos vivos impulsados por una banda, diseñado para transportar desde cajas medianas hasta pesadas. Su aplicación varía desde operaciones manufactureras hasta de distribución.

CARACTERÍSTICAS:

- Estructura del canal en acero formado de 6-1/2" de profundidad, calibre 12 - Acabado con pintura electrostática.
- Rodillos galvanizados de 1.9" de diam., calibre 16, separados cada 3"
- Anchos de cama: 16", 18", 20", 22", 24", 26", 28", 30", 34", 36", 40", & 42"
- Unidad motriz central (Estándar)
- Motor-1/2 HP estándar-disponible desde 2 HP máx.
- Soportes disponibles, ajustables al piso.
- Capacidad: Carga máxima por pie lineal de transportador: 200 lbs. No exceder las capacidades estimadas.
- Reversible

²⁰ Hytrol, Op. cit., P. 10

3.2 EJES

Para el cálculo de este eje se supone que la carga es estática o cuasiestática pues la velocidad de operación del eje es de apenas 28.18rpm con carga total máxima.

La longitud del eje está dada por el ancho de la banda, el ancho del soporte para sostener los rodamientos y el ancho de las manzanas de los engranajes que transmiten la potencia al eje motriz de la banda.

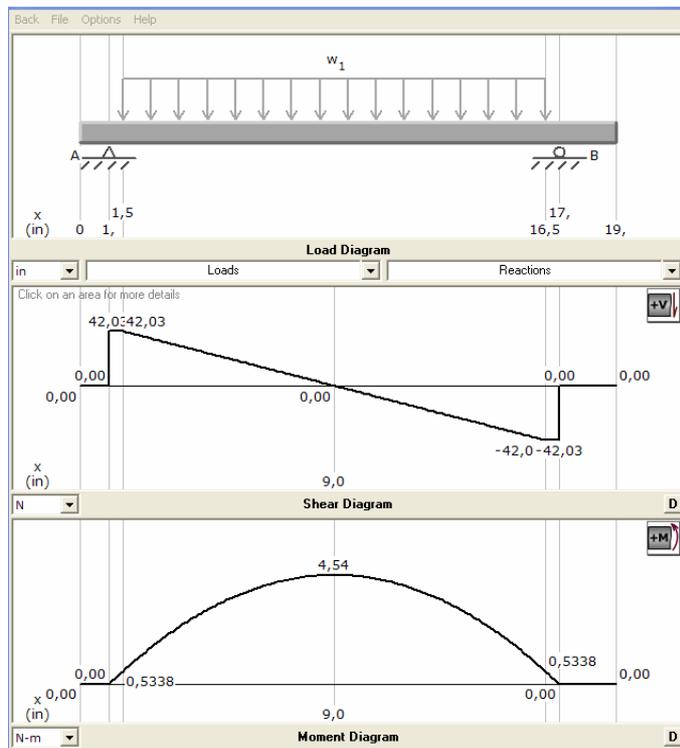


Figura 19 Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos[♦]

El material seleccionado para el eje es un acero 1010 HR ya que es el recomendado por el fabricante de las bandas de transporte para este tipo de

[♦] Los autores (MD – Solids)

aplicación y además es el material con el que se fabrican los ejes e toda el área de picking en Belcorp S.A. .

El momento flector máximo en un eje que tiene carga distribuida uniformemente se localiza en un medio de la distancia donde esta ubicada la carga.

Haciendo un cálculo de momentos se encuentra que $M_{\max} = 4.522 Nm$ y para verificar que este cálculo este bien hecho se hace una simulación con un software especial para análisis de estructuras donde se obtienen los resultados mostrados en la figura 19.

Una vez se ha verificado el valor del momento máximo se puede hacer el cálculo del diámetro mediante carga cuasiestatica.

Von Mises

$$d = \left[\frac{16n}{\pi S_y} (4M^2 + 3T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad 25^{21}$$

Aproximación para esfuerzos cor tante y máximo :

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad 26^{22}$$

De las simulaciones realizadas anteriormente se tiene que

$$M = 4.540 Nm$$

$$T = 8.957 Nm$$

Según propiedades de los metales se conoce que $S_y = 180 Mpa$.

²¹ SHIGLEY, Op. cit., P. 351

²² Ibid., P. 352

El factor de diseño n_d se puede suponer de 1.8, esto da un margen de seguridad tal que el diseño podría resistir casi el doble de la carga a la cual estará trabajando en condiciones normales.

Reemplazando los valores en las ecuaciones 25 y 26 se halla:

Von Mises

$$d = \left[\frac{16(1.8)}{\pi(180MPa)} \left(4(4.540Nm)^2 + 3(8.957Nm)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left[\frac{28.800}{\pi(180MPa)} \left(82.446N^2m^2 + 240.683N^2m^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left[\frac{28.800 * (17.975Nm)}{\pi(180MPa)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left[9.155 \times 10^{-7} m \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 9.710mm$$

Aproximación para esfuerzos cortante y máximo

$$d = \left[\frac{32(1.8)}{\pi(180MPa)} \left((4.540Nm)^2 + (8.957Nm)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left[\frac{57.600}{\pi(180MPa)} \left(20.610N^2m^2 + 80.220N^2m^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left[\frac{57.600 * (10.041Nm)}{\pi(180MPa)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left[1.022 \times 10^{-6} m \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 10mm$$

Se debe escoger un diámetro comercial mayor al calculado que puede ser de media pulgada pero se debe tener en cuenta que el eje tiene un tallado o cuñero a lo largo para que encaje con el rodillo de la banda y transmitir la potencia, por lo que se elige: $d=1in = 25.4mm$

3.3 DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN

El sistema no requiere niveles de potencia o de velocidad muy grandes para la operación en estado normal, por lo cual, para un mejor diseño se tomarán valores extremos de operación. Se estudiaron los diferentes sistemas de transmisión de potencia para elegir el que fuera más adecuado para la aplicación, y se llegó a la conclusión de que el mejor sistema es el de transmisión por cadenas ya que otros sistemas tienen desventajas frente a este; por ejemplo la transmisión por engranajes es muy costosa en la inversión inicial y la transmisión por poleas no es positiva por lo que podrían presentarse fallas en la transmisión de movimiento.

Según cálculo realizado anteriormente, la potencia requerida por el sistema para el movimiento de la banda es 32.49W (0.043HP). Se tiene un motor eléctrico y se supone una carga fluctuante, con esta información se consulta en la tabla 3 para ver que factor compensatorio de seguridad debe ser usado.

Tipo de carga	Motor de combustión interna con convertidor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con embrague o caja mecánica
Uniforme	1.000	1.000	1.200
Fluctuante	1.200	1.300	1.400
Muy fluctuante	1.400	1.500	1.700

Tabla 3 Margen compensatorio de seguridad²³

²³ INTERMEC, Catalogo de productos

De la tabla 3 se selecciona el valor del margen compensatorio de seguridad FCS=1.300

$$P_{motor} = \frac{1}{4} HP * 1.300$$

$$P_{motor} = 0.325 HP \text{ Comercialmente tomamos}$$

$$P_{motor} = \frac{1}{2} HP$$

El factor de hueco máximo permisible debe ser mayor a 1.43 y esta definido por:

$$F = \frac{D_{manzana}}{D_{eje}} = 1.430 \quad 27$$

Teniendo en cuenta la condición para factor de hueco y con la ecuación 27 se tiene:

$$\phi_{manzana} = 1.430 * \phi_{eje}$$

$$\phi_{manzana} = 1.430 * 1in$$

$$\phi_{manzana} = 1.430in$$

Remitiéndose a la tabla de dimensiones de piñones intermec con paso de media pulgada para cadena ANSI No.40 Tipo B, sencillos, dobles y triples, se encuentra que el diámetro la manzana que cumple con la condición es de $1\frac{7}{16}in$ y tiene 11 dientes para el piñón conductor.

$$Velocidad \text{ eje banda} = 28.180rpm$$

$$Velocidad \text{ eje motor} = 60rpm$$

La relación de velocidad esta dada por:

$$R = \frac{w_1}{w_2} \quad 28^{24}$$

²⁴ INTERMEC, Op. Cit.

$$R = \frac{60}{28.180} = 2.129$$

$$Z_2 = Z_1 R$$

29²⁵

$$Z_2 = 11 * 2.129$$

$$Z_2 = 23.419$$

Se aproxima al numero impar de dientes, por lo cual tomamos

$$Z_2 = 23$$

La selección de los piñones se hace por medio del catalogo de la transmisión de potencia por cadena de rodillos como aparece a continuación:

Piñón conductor

- Diámetro de manzana, $D_{manzana} = 1\frac{7}{16} in$
- Numero de dientes, $Z = 11$
- Paso, $\frac{1}{2} in$

Piñón conducido

- Diámetro de manzana, $D_{manzana} = 2\frac{5}{8} in$
- Numero de dientes, $Z = 20$
- Paso, $\frac{1}{2} in$

²⁵ INTERMEC, Op. Cit.

Los diámetros de los ejes son, 1in para el conductor y para el conducido de acuerdo con la ecuación 27 se obtiene:

$$\phi_{eje} = \frac{\phi_{manzana}}{1.430}$$

$$\phi_{eje} = \frac{2\frac{5}{8}}{1.430}$$

$$\phi_{eje} = 1.835in$$

Tornillos de presión

Los tornillos de presión o prisioneros, se diseñan con el objetivo de fijar los piñones conductor y conducido, a sus respectivos ejes. El diámetro de los prisioneros se determina con el uso de la tabla 4, la longitud debe ser aproximadamente la mitad del diámetro del eje.

En la sección anterior se definen las condiciones de operación tanto en el eje del piñón conductor como en el del conducido. La torsión en los ejes es:

$$T_{conducido} = 8.950 \cong 9Nm$$

$$T_{conductor} = \frac{8.950}{2.129} Nm$$

$$T_{conductor} = 4.203Nm$$

Los tornillos no se someterán a empuje, razón por la que no es relevante la potencia de sujeción axial que se encuentra en la tabla.

Como se dijo en la sección 3.2, se está usando un factor de diseño de $\eta=1.8$ para las partes de mayor desgaste en las máquinas esto da mayor duración al diseño.

Tamaño (m)	Par de torsión de asiento(Nm)	Potencia de sujeción (N)
0.001	0.113	222.400
0.001	0.203	289.120
0.002	0.203	378.080
0.002	0.565	533.760
0.002	0.565	711.680
0.003	1.130	889.600
0.003	1.130	1112.000
0.004	2.260	1712.480
0.004	4.068	2401.920
0.006	9.831	4448.000
0.007	18.640	6672.000
0.009	32.770	8896.000
0.011	48.590	11120.000
0.012	70.060	13344.000
0.014	70.060	15568.000
0.015	149.725	17792.000
0.019	271.200	22240.000
0.022	587.600	26688.000
0.025	813.600	31136.000

Tabla 4 Potencia de sujeción típica para tornillos de sujeción

La capacidad de sujeción tangencial en términos de torsión es

$$T_{\text{asentamiento}} = nT_{\text{eje}}$$

30

Prisionero del eje conductor de acuerdo con la ecuación 30

$$T_{\text{asentamiento}} = 9 * 1.8 Nm$$

$$T_{\text{asentamiento}} = 16.200 Nm$$

De la tabla 4 se toma, D=0.0079375m

Prisionero del eje conducido de acuerdo con la ecuación 30

$$T_{\text{asentamiento}} = 4.200 * 1.8 Nm$$

$$T_{\text{asentamiento}} = 7.560 Nm$$

De la tabla 4 se toma, D=0.00635m

3.4 SISTEMA DE DESPLIEGUE DE PESTAÑAS

En esta parte del proceso, la caja que se dispone a ser sellada llega a la máquina con unos seguros que mantienen las pestañas a 270° para que de esta manera no se enreden en el recorrido, estas pestañas deben romperse y dejarse a 90° para que después en el siguiente proceso solo sea bajarlas y aplicarle el adhesivo. Para esto se desarrolló la siguiente secuencia basándose en el procedimiento que se hacía manualmente.

Cuchilla presión	Plana	30 ° inclinación	45° inclinación	60 ° inclinación
5 psi	No rompe	No rompe	No rompe	No rompe
10 psi	No rompe	No rompe	No rompe	No rompe
20 psi	No rompe	No rompe	No rompe	No rompe
30 psi	Rompe la caja	A veces rompe el seguro	A veces rompe el seguro	A veces rompe el seguro
35 psi	Rompe la caja	A veces rompe el seguro	A veces rompe el seguro	A veces rompe el seguro
40 psi	Rompe la caja	Rompe el seguro	Rompe el seguro	Rompe el seguro
45 psi	Rompe la caja	Daña la caja	Rompe el seguro	Rompe el seguro
50 psi	Rompe la caja	Daña la caja	Daña la caja	Rompe el seguro

Tabla 5 Pruebas para cuchillas

La caja debe ser frenada, una vez frenada, la caja debe ser sensada para saber de que tamaño es; bajará una platina que presionará la caja sobre la banda, cuando la caja se encuentre aprisionada, de la parte inferior de la banda saldrán

dos actuadores con unas cuchillas que rozarán la caja y romperán el sello; las cuchillas y la platina vuelven a su posición inicial, haciendo que la caja siga al siguiente paso (aplicación del pegante).

Para este sistema se hicieron varias pruebas, basadas en varias ideas y formas de cuchillas, iniciando con cuchillas planas llegando a las cuchillas con inclinación de hasta sesenta grados (60°), estas cuchillas fueron realizadas por un mismo proveedor en duraluminio que fue seleccionado por la empresa. Con cada cuchilla se tomaron 20 muestras que arrojaron los resultados mostrados en la tabla 5.

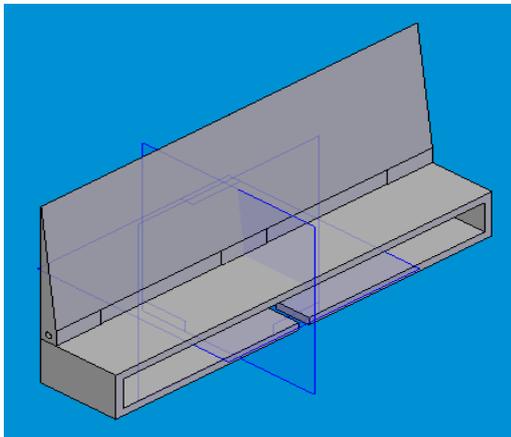


Figura 20 Cuchilla plana[♦]

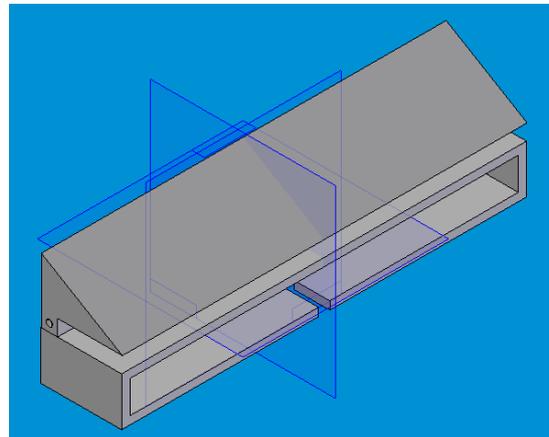


Figura 21 Cuchilla 30° [♦]

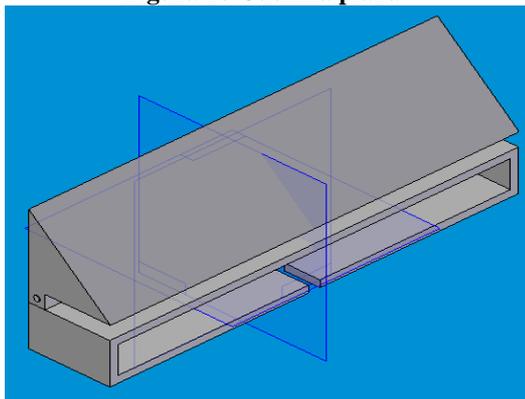


Figura 22 Cuchilla 45° [♦]

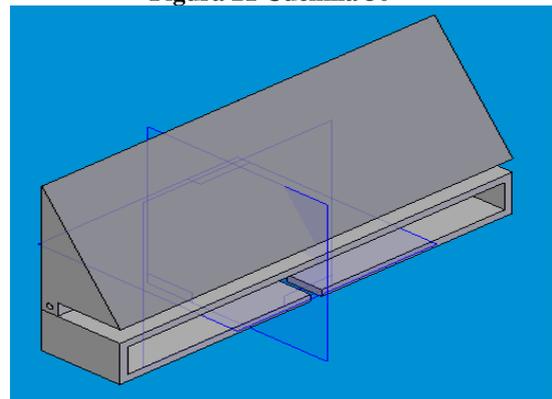


Figura 23 Cuchilla 60° [♦]

[♦] Los autores

Conclusiones de la prueba:

- La cuchilla plana y de 30° a baja presiones no rompe el seguro de la caja, y a altas presiones daña la caja y a veces la rompe.
- La cuchilla 45° a baja presión no rompe el seguro de la caja, y a altas presión si rompe el seguro pero a veces daña la caja.
- La cuchilla 60° a baja presión no rompe el seguro de la caja, y a altas presión si rompe el seguro.
- La mejor cuchilla para romper el seguro es la de 60° de inclinación.
- La presión mínima para romper con seguridad las pestañas es de 40 psi.

Adicional a esto se ve la necesidad de ubicar una platina para presionar la caja sobre la banda, ya que cuando salen las cuchillas la caja es expulsada hacia arriba, causando que se voltee la caja botando todo el producto. Según las pruebas el actuador de la platina debe tener una presión superior a 80 psi para contrarrestar la fuerza ejercida por las cuchillas.

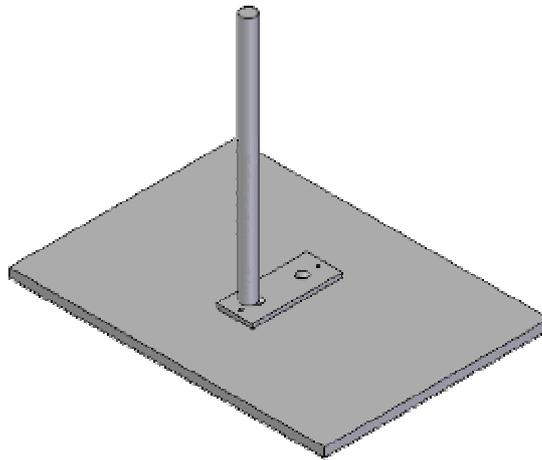


Figura 24 Platina♦

♦ Los autores

3.4.1 Cálculos actuadores de las cuchillas.

La máquina hace uso de actuadores neumáticos para realizar varios de sus movimientos, especialmente los relacionados con posicionamiento de la caja dentro del proceso y con el sistema de plegado de las pestañas de la caja.

Se empezará con el cálculo de los actuadores que primero intervienen en el proceso y se continuará siguiendo el mismo orden de inicio a fin.

Los actuadores de las cuchillas deben salir de debajo de la banda y sobrepasar la altura de la caja (30 cm.) por lo menos 10 cm. Adicional a esto, el vástago del actuador restará 10 cm. por debajo de la superficie de los rodillos de la banda, esto da una carrera mínima de 50cm. Así mismo la presión que se le suministrará será de 40 psi, según resultados prueba tabla 5. Este actuador no tiene otras fuerzas que restrinjan su movimiento aparte de los pesos anteriores sumados con el peso máximo de la caja. En total se tiene:

	Material usado	Densidad(Kg/m ³)	Volumen mm ³	Masa Kg
Cuchilla parte 1	Duraluminio	2700	357864,030	0,966
Cuchilla parte 2	Duraluminio	2700	138098,010	0,372
Cuchilla parte 3	Duraluminio	2700	8166,650	0,022
MASA TOTAL				1,361

Tabla 6 Masa de sistema de cuchillas

$$Masa\ Total = Masa\ caja + Masa\ sistema\ Actuador$$

$$Masa\ Total = 20Kg + 1.361Kg$$

$$Masa\ Total = 21.361Kg$$

La presión de operación para este actuador es $P = 40Psi$

Para convertir las unidades de esta presión se multiplica por el correspondiente factor de conversión y se obtiene:

$$P = 40Psi * 6.894x10^{-3} = 0.276MPa$$

Se determina el valor del área de acuerdo a la ecuación 10

$$A = \frac{F}{P} = \frac{m * g}{0.276MPa}$$
$$A = \frac{(20Kg + 1.3601Kg) * (9.810 \frac{m}{s^2})}{275790.290Pa}$$
$$A = \frac{209.550N}{275790.290 \frac{N}{m^2}}$$
$$A = 0.760x10^{-3} m^2$$

Para determinar la magnitud del radio y del diámetro se recurre a las ecuaciones 11 y 12 como se muestra:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.760x10^{-3} m^2}{\pi}} = \sqrt{0.000241m^2}$$
$$r = 0.015m = 15.550mm$$
$$d = 2 * 15.550mm = 31.111mm$$

Comercialmente el diametro para actuadores es: 32mm

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se seleccionó el siguiente actuador con estas especificaciones.

Se verifica el diámetro del actuador para que no falle por pandeo, esto se puede hacer mediante inspección en el diagrama de falla por pandeo (ver anexo A), según los valores de fuerza y carrera para cada actuador.

Fluidos	Aire comprimido filtrado con o sin lubricación		
Presión de operación	15 a 235 psi (1 a 16 bares.)		
Temperatura de operación	-5°C a 80°C (23 a 176°F)		
Diámetros disponibles	20, 25, 32, 40, 50 mm		
Componentes	Materiales		
Camisa	Aluminio anodinado		
Cabeza	Aluminio anodinado		
Vástago	Acero inoxidable		
Sellos del vástago	Nitrilo		
Sellos de pistón	Poliuretano		
Referencia	Diámetro interior	Diámetro vástago	conexión
RM 182032m/500	32	25	1/4

Tabla 7 Especificaciones de actuador para cuchillas²⁶

Este actuador está diseñado para carreras medianas y que requieren gran capacidad de fuerza.

3.4.2 Cálculo actuador de la Platina

Este actuador debe bajar desde el techo de la máquina y presionar la caja, esta distancia es de 20 cm., además, la presión mínima que se le suministrará será de 80 Psi. En total se consideran 3 fuerzas que intervienen en el movimiento de este actuador, w que es el peso de la caja menos el peso del sistema actuador, F_1 y F_2 que es la fuerza ejercida por los actuadores de las cuchillas en el momento en que suben para romper las pestañas de las cajas, cada uno de estos actuadores tiene una presión de 40 Psi pero se les debe restar la fuerza que ejerce el peso de la caja sobre ellos.

²⁶ Airmatic, Catalogo de productos, 2003

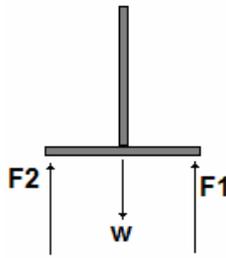


Figura 25 Diagrama de fuerzas en la platina[♦]

Fuerza ejercida por los actuadores de las cuchillas:

Como se vio en el cálculo de los actuadores para las cuchillas, el diámetro comercial para los mismos es de 32mm y están alimentados con una presión de 40Psi, se puede hallar el área y la fuerza ejercida por los mismos con las ecuaciones 10 y 11.

$$A = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi * (0.016m)^2 = 8.040 \times 10^{-4} m^2$$

$$F_{1,2} = 275790.290 Pa * (8.040m^2)$$

$$F_{1,2} = 221.800 N$$

Fuerza ejercida por el peso de la caja, vástago y platina.

	Material usado	Densidad(Kg/m ³)	Volumen mm ³	Masa Kg
Platina Parte 2	Duraluminio	2700	874752,740	2,361
Platina Parte 3	Duraluminio	2700	19274,900	0,052
Platina Parte 6	Duraluminio	2700	54927,210	0,148
MASA TOTAL				2,562

Tabla 8 Masa de sistema para platina

$$Masa Total = Masa caja - Masa sistema Actuador$$

$$Masa Total = 20Kg - 2.562Kg$$

$$Masa Total = 17.438Kg$$

El peso total que debe mover el actuador se calcula entonces mediante la ecuación 15

[♦] Los autores

$$w = 17.438 \text{Kg} * \left(9.810 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$w = 171.066 \text{N}$$

Con esta información y con las ecuaciones antes dadas se encuentra que la fuerza total que debe ejercer el actuador es equivalente a la suma de las fuerzas de los actuadores de las cuchillas menos el peso de la caja, así se tiene:

$$F_{total} = 2F - w$$

$$F_{total} = 2(221.800 \text{N}) - 171.060 \text{N}$$

$$F_{total} = 272.530 \text{N}$$

La presión de alimentación para el actuador de la platina es de 80 Psi, con la ecuación 10 se halla que el área es:

$$P = 80 \text{Psi} * 6.894 \times 10^{-3} = 0.551 \text{MPa}$$

$$A = \frac{F}{P} = \frac{272.530 \text{N}}{0.551 \text{MPa}}$$

$$A = 4.940 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

Con las ecuaciones 11 y 12 se determina la dimensión del radio y del diámetro.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4.940 \times 10^{-4} \text{m}^2}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{0.157 \times 10^{-3} \text{m}^2} = 0.012 \text{m}$$

$$r = 12.500 \text{mm} = 2 * 12.500 \text{mm}$$

$$d = 25 \text{mm}$$

Ahora se hace una verificación del diámetro del actuador para que no falle por pandeo, esto se puede hacer por inspección en el diagrama de falla por pandeo (anexo A), según los valores de fuerza y carrera de cada actuador. Teniendo en cuenta los datos anteriores se seleccionó el siguiente actuador.

Fluidos	Aire comprimido filtrado con o sin lubricación		
Presión de operación	15 a 150 psi (1 a 10 bares.)		
Temperatura de operación	-5°C a 80°C (23 a 176°F)		
Diámetros disponibles	20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 mm		
Componentes		Materiales	
Camisa		Aluminio anodinado	
Cabeza		Aluminio anodinado	
Vástago		Acero inoxidable	
Sellos del vástago		Nitrilo	
Sellos de pistón		Poliuretano	
Referencia	Diámetro interior	Diámetro vástago	conexión
RM 192520m/200	25	12.5	1/8

Tabla 9 Especificaciones de actuador para platina²⁷

Este actuador está especialmente diseñado para trabajar en operaciones de sujeción o anclaje de piezas o elementos de trabajo donde se necesiten carreras cortas pero gran capacidad de fuerza. La carrera de este actuador es de 20 cm.

3.5 UBICACIÓN DE LAS CUCHILLAS Y PLATINA

Lo primero es ubicar el freno de las cajas, seguido a este se situará la primera cuchilla, que romperá la pestaña del frente de la caja, ya sea caja grande o pequeña; la siguiente cuchilla se colocará a 35 cm. de la primera, esta solo romperá el seguro posterior de la caja pequeña, posteriormente se ubicará la última cuchilla la cual es situada a 42 cm. de la primera y esta solo romperá el seguro posterior de la caja grande. Sobre la caja se sitúa la platina la cual bajará y ejercerá presión sobre cualquiera de las cajas sin importar el tamaño, para que después salgan las cuchillas y termine el proceso.

²⁷ Airmatic, Op. Cit.

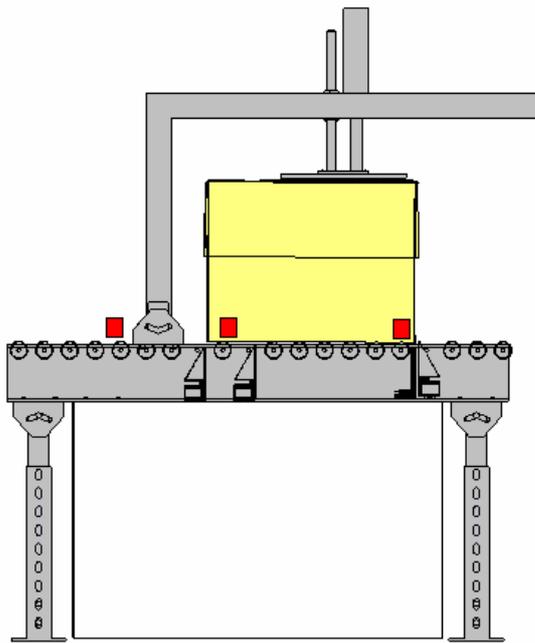


Figura 26 Ubicación de cuchillas y platina[♦]

3.6 SELECCIÓN DE SENSORES

Los sensores que se seleccionaron son sensores ópticos retroreflectivos, ya que la distancia de conmutación no es superior de 16 in, además que el objeto a sensor son cajas de cartón. La detección será por oscuridad ya que es más seguro que el sensor esté emitiendo la luz y solo en caso de ser interrumpida el contacto se cierre activando las respectivas electroválvulas*. Se ubicarán dos sensores (ver figura 26) los cuales tendrán la función de diferenciar el tamaño de la caja y acomodar la máquina en forma instantánea al tamaño de esta, para que sea cerrada y sellada.

[♦] Los autores

* Glosario

La empresa tiene como proveedor de sensores ópticos retrorreflectivos a Rockwell automation el cual dispone de los sensores SL 9003 de allen bradley²⁸.

Características del sensor SL 9003

- Led indicador de encendido.
- Led indicador de modo, en decir, activación por oscuridad o por luz.
- Led indicador de salida energizada.

3.7 SISTEMA DE ANCHO DE CAJA

Como ya se mencionó se desea sellar dos tamaños de caja diferente, la caja tipo c4 varia de la c3 en el ancho 10 cm. y en lo largo 10 cm. A continuación se expondrá el mecanismo de ancho de caja.

Las guías de la banda debe angostarse en 10 cm. hacia el centro de la máquina, ya que la banda de caucho esta deslizándose en el centro. Se diseñaron dos guías las cuales son movidas con actuadores hacia el centro de la banda.

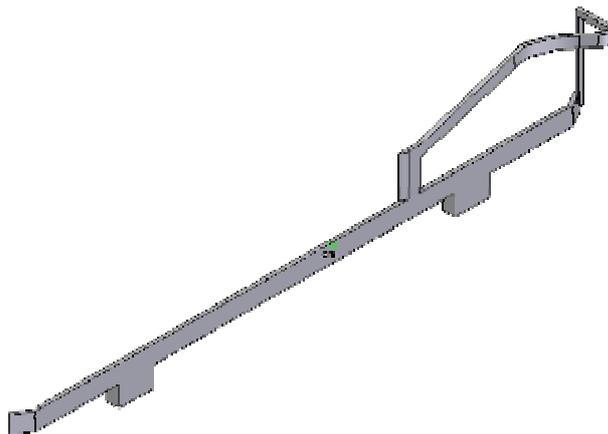


Figura 27 Guía para variar el ancho♦

²⁸ Allen Bradley, Catalogo de productos, 2003

♦ Los autores

- **Cálculos actuadores del sistema ancho de caja**

Los actuadores deben tener una carrera de 8cm además de tener gran capacidad de presión.

	Material usado	Densidad(Kg/m ³)	Volumen mm ³	Masa Kg
Variador Ancho	Acero estructural	7860	1475807,300	11,599
MASA TOTAL				11,599

Tabla 10 Masa para guía variadora de ancho

Con esta información y con la misma rutina de diseño que se desarrolló para los actuadores anteriores se encuentra:

$$P = 40Psi * 6.894x10^{-3} = 0.276MPa$$

$$A = \frac{m * \left(9.810 \frac{m}{s^2}\right)}{0.276Mpa} = \frac{(11.600Kg) * \left(9.810 \frac{m}{s^2}\right)}{275790.290Pa}$$

$$A = \frac{113.796N}{275790.290 \frac{N}{m^2}} = 4.126x10^{-4} m^2$$

$$r = \sqrt{\frac{4.126x10^{-4} m^2}{\pi}} = \sqrt{1.313x10^{-4} m^2}$$

$$r = 11.460x10^{-3} m = 11.460mm$$

$$d = 2 * 11.460mm = 22.920mm$$

Este actuador está especialmente diseñado para trabajar en operaciones de sujeción o anclaje de piezas o elementos de trabajo donde se necesiten carreras cortas pero gran capacidad de fuerza. La carrera de este actuador es de 80mm.

Fluidos	Aire comprimido filtrado con o sin lubricación		
Presión de operación	15 a 150 psi (1 a 10 bares.)		
Temperatura de operación	-5°C a 80°C (23 a 176°F)		
Diámetros disponibles	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 mm		
Componentes		Materiales	
Camisa		Aluminio anodizado	
Cabeza		Aluminio anodizado	
Vástago		Acero inoxidable	
Sellos del vástago		Nitrilo	
Sellos de pistón		Poliuretano	
Referencia	Diámetro interior	Diámetro vástago	conexión
RM 182025 m/80	25	12.5	1/8

Tabla 11 Especificaciones para actuador de ancho de caja²⁹

Se verifica el diámetro del actuador para que no falle por pandeo, esto se puede hacer mediante inspección en el diagrama de falla por pandeo (ver anexo A), según los valores de fuerza y carrera para cada actuador.

3.8 SISTEMA DE SELLADO

En esta parte de proceso las cajas deben venir con las pestañas anterior y posterior en posición vertical, es decir a 90°, para que en este paso las aletas sean plegadas en forma horizontal y poder aplicar el hotmelt. En esta parte se cuenta con una patada figura 28 la cual empujara la aleta posterior y para que pase luego por una guía que la mantendra en posición horizontal para que se le pueda aplicar el hotmaelt.

²⁹ Airmatic, Op. cit.

La forma de la patada se debe a que si por algún motivo la aleta posterior no se encuentra en posición vertical, la curvatura de la patada asegura que la aleta quede en posición horizontal, además, la terminación es redonda ya que si fuera en punta podría incrustarse en la aleta dañando la caja. Esta patada será fabricada en duraluminio; en la figura 29 se muestra la guía en la cual se ubicarán los aplicadores que disparan el hotmelt, estas guías serán de acero; seguido a esto las aletas laterales pasan por una lámina la cual pliega estas pestañas para situarlas sobre el pegante que ya fue aplicado en las aletas anterior y posterior.

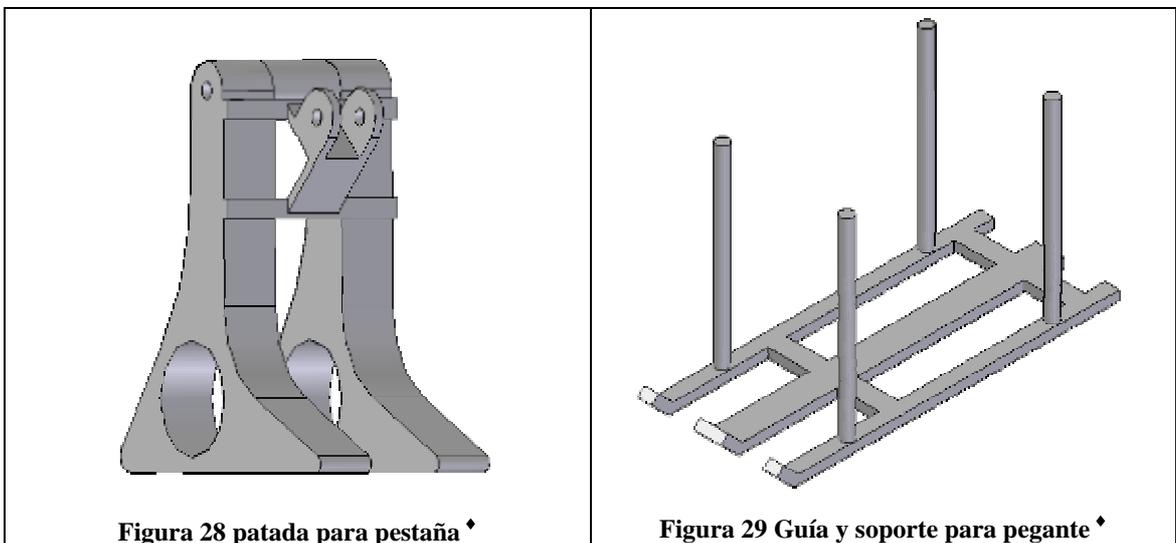


Figura 28 patada para pestaña ♦

Figura 29 Guía y soporte para pegante ♦

- **Cálculos actuador de la patada**

Este actuador acciona la patada que pliega la segunda pestaña de la caja, por lo que solo necesita una fuerza necesaria para poder levantar el peso de la patada.

	Material usado	Densidad(Kg/m ³)	Volumen mm ³	Masa Kg
Patada	Duraluminio	2700	668656,320	1,805
MASA TOTAL				1,805

Tabla 12 Masa de patada plegadora de pestañas

Con esta información y con la misma rutina de diseño que se desarrollo para los actuadores anteriores se encuentra:

♦ Los autores

$$P = 40\text{Psi} * 6.894 \times 10^{-3} = 0.276\text{MPa}$$

$$A = \frac{m * \left(9.810 \frac{m}{s^2}\right)}{0.276\text{Mpa}} = \frac{(1.805\text{Kg}) * \left(9.810 \frac{m}{s^2}\right)}{275790.290\text{Pa}}$$

$$A = \frac{17.700\text{N}}{275790.290 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 6.420 \times 10^{-5} \text{m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{6.420 \times 10^{-5} \text{m}^2}{\pi}} = \sqrt{20.400 \times 10^{-6} \text{m}^2}$$

$$r = 45 \times 10^{-2} \text{m} = 4.520\text{mm}$$

$$d = 2 * 4.520\text{mm}$$

$$d = 9.040\text{mm}$$

Fluidos	Aire comprimido filtrado con o sin lubricación		
Presión de operación	15 a 150 psi (1 a 10 bares.)		
Temperatura de operación	-5°C a 80°C (23 a 176°F)		
Diámetros disponibles	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 mm		
Componentes		Materiales	
Camisa		Aluminio anodinado	
Cabeza		Aluminio anodinado	
Vástago		Acero inoxidable	
Sellos del vástago		Nitrilo	
Sellos de pistón		Poliuretano	
Referencia	Diámetro interior	Diámetro vástago	conexión
RM 182016 m/150	16	12	1/8

Tabla 13 especificaciones para actuador de patada³⁰

³⁰ Airmatic, Op. cit.

Este actuador está especialmente diseñado para trabajar en operaciones de sujeción o anclaje de piezas o elementos de trabajo donde se necesiten carreras cortas pero gran capacidad de fuerza. La carrera de este actuador es de 15 cm.

Se verifica el diámetro del actuador para que no falle por pandeo, esto se puede hacer mediante inspección en el diagrama de falla por pandeo (ver anexo A), según los valores de fuerza y carrera para cada actuador.

3.9 ADHESIVOS TERMOFUNDIBLES

La empresa tiene un proveedor de pegante hotmelt llamado Artecola compañía que cuenta con una amplia línea de pegantes termo fundibles Premium de alta performance tipo EVA. Los adhesivos termo fundibles están especialmente formulados el armado y cierre de cajas y cartucho de diferentes tipos de cartulina o cartón y para encolar paquetes y bolsas de papel con máquinas automáticas. A continuación se describen las características del adhesivo el cual se aplicará en la máquina selladora.

3.9.1 Hotmelt 2024 (Traslucido)

Es un adhesivo tipo Premium de baja viscosidad recomendado para máquinas Hotmelt.

- Posee gran fuerza de pegado.
- Resistencia al calor.
- La línea de adhesivo virtualmente desaparece.
- Esta disponible en gránulos de color amarillo translucido.
- Tiempo de secado del adhesivo 4 seg.
- Aroma de canela.
- Punto de ablandamiento entre 102 y 118°C.
- Temperatura de aplicación entre 140 y 180°C

- Temperatura máxima que soporta el pegante 180° C.
- La viscosidad de este adhesivo y sus características se mantienen estables aunque sea refundido repetidamente.

3.9.2 Unidad aplicadora de hotmelt

Estos equipos son diseñados para fundir adhesivos y otros materiales termoplásticos y entregarlos a través de mangueras y pistolas. El adhesivo hotmelt es recibido en forma de gránulos, este se funde en un tanque de aluminio recubierto en teflón con capacidad de 4 a 20 litros.

Partes del equipo.

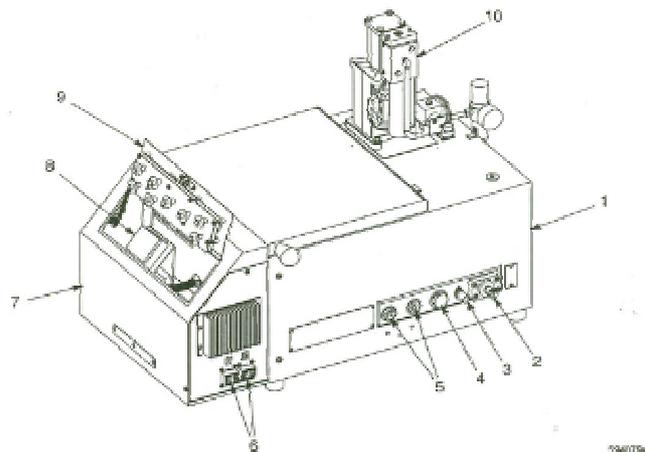


Figura 30 Unidad aplicadora de hotmelt³¹

- | | |
|---|---|
| 1. Tanque hermético almacenamiento hotmelt. | 6. Conectores para manguera eléctrica |
| 2. Filtrado de adhesivo. | 7. Recinto unidad de control. |
| 3. Válvula de drenaje. | 8. Temporizador. |
| 4. Tapón. | 9. Controles temperatura del tanque, mangueras, pistolas. |
| 5. Conectores para manguera hidráulica. | 10. Bomba de pistón. |

³¹ Nordson Corporation, Catalogo de productos, Unidades termofundibles, Serie PA 2520

El adhesivo se transfiere por medio de una bomba, luego el adhesivo pasa por un distribuidor y a través de un filtro a las mangueras y pistolas calefactadas.

Los equipos con los que cuenta la empresa son de Nordson, vienen con RTDs (resistencias detectoras de temperatura), gracias a esto el equipo tiene la facilidad de sentir la temperatura y brindar una calefacción* con un margen de error mínimo.

Panel.

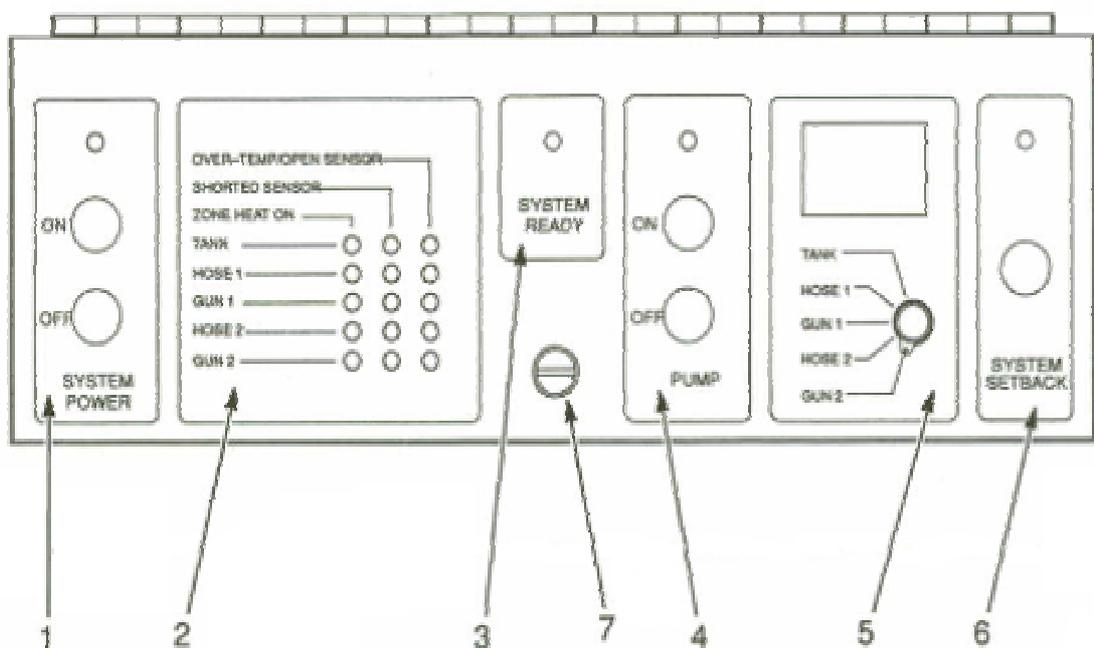


Figura 31 Panel de control unidad aplicadora³²

1. Sistema de encendido.
2. Panel de temperatura.
3. Sistema de ready.
4. Control de la bomba.
5. Display* de temperatura.
6. Sistema de retraso.
7. Cerrojo recinto unidad de control.

³² Nordson Corporation, Op. cit.

* Glosario

El equipo tiene las siguientes características:

- Sistema de control digital, que permite un control individual para cada elemento del sistema, con una precisión aproximada 1°C.
- Indicador de nivel de adhesivo.
- Sistema contador de horas de trabajo para mantenimientos preventivos.
- Capacidad eléctrica para dos salidas para dos mangueras y dos pistolas.
- Protección de sobre temperatura.
- Luces indicadoras de sistema listo para operar, advertencia de falla y breaker de protección.

3.9.3 Controles temperatura del tanque, mangueras, pistolas.

Los controles de temperatura (figura32) están en la cara posterior al panel. Aquí por medio de potenciómetros se puede regular la temperatura del tanque, la temperatura de la manguera y la temperatura de la pistola o aplicador, además se puede graduar ready delay que es un tiempo de preparación de temperatura del tanque, el setback o límite de temperatura de funcionamiento y la temperatura de funcionamiento u over temp, es decir, la temperatura mínima que debe tener el adhesivo para que la bomba comience a funcionar.

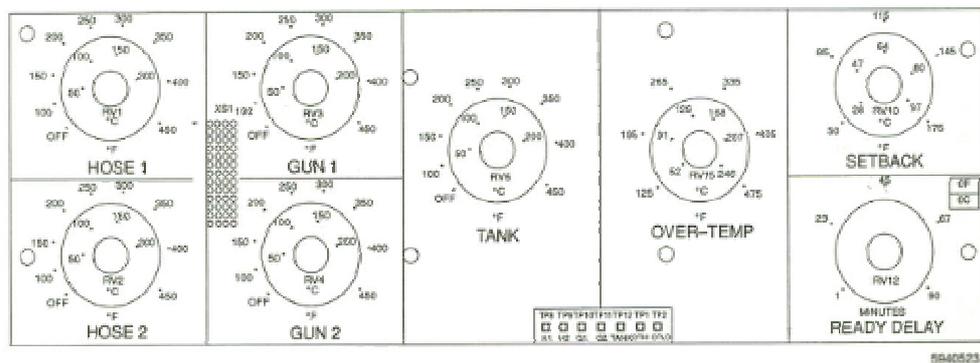


Figura 32 Panel de control de temperatura³³

³³ Nordson Corporation, Op. cit.

Bomba de pistón neumático.

Esta bomba (figura 33) permite impulsar el adhesivo por las mangueras y al aplicador, trabaja con 20 libras de presión, pero se puede graduar dependiendo el trabajo a realizar, tiene una relación 14:1.

1. Motor neumático.
2. Bomba hidráulica.
3. Variador de caudal.
4. Actuador.

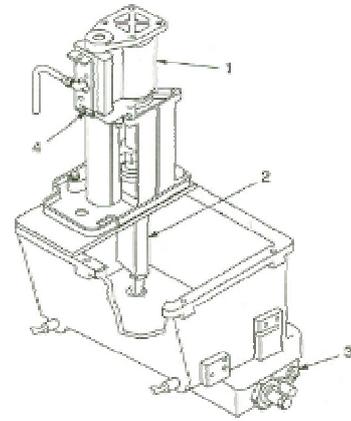


Figura 33 Bomba para hotmelt³⁴

3.9.4 Manguera o tubo flexible

Las mangueras que transportan el adhesivo fundido deben asegurar que la temperatura del hotmelt sea constante, es decir, deben mantener la transferencia de calor y la temperatura en toda la longitud del tubo flexible, ya que si la temperatura de la manguera es menor a la que tiene el hotmelt, este se secará y bloqueará el adhesivo dentro de la manguera. Los diámetros en los que se pueden adquirir son 8, 13, 16 e 25 milímetros.



Figura 34 Tubo térmico flexible³⁵

³⁴ Nordson Corporation, Op. cit.

La empresa cuando adquirió el sistema de termofundido este incluía la manguera con las siguientes características.

- Las mangueras cuentan con RTD (resistencias detectoras de temperatura).
- El elemento se enrolla espiralmente alrededor del centro para aumentar la flexibilidad.
- Las envolturas estrechamente espaciadas aseguran el traslado de calor eficaz y uniforme del adhesivo caliente.
- El aislamiento de alto-temperatura reduce la pérdida de calor.
- Refuerzo en forma de trenza hecho de acero.
- El centro es de Teflón de alta temperatura.

Característica	Especificaciones
Temperatura de operación	1 05 to 230 °C (220 to 450 °F)
Presión máxima de operación	1 0.34 MPa(1 500 psi)
Máxima fuerza	44.8 MPa (6500 psi) at 230°C (450°F)
Voltajes de entrada	230 VAC
Servicio eléctrico	Proporcionado por el aplicador del adhesivo fundido. Normal: 230 VAC el voltaje Bajo: 200 VAC
Las longitudes disponibles	2,4,6, 10, 12, 16, and24ft

Tabla 14 Características de tubo térmico flexible

3.9.5 Los aplicadores

En la actualidad existen varios tipos de aplicadores, En este caso se especificarán los aplicadores neumáticos.

Los aplicadores neumáticos son muy similares a las válvulas neumáticas pero se diferencian de ellas porque estas tienen un sistema térmico, el cual mantiene una temperatura constante al adhesivo que va a ser expulsado. Asimismo, integran un

³⁵ Nordson Corporation, Op. cit.

variador para la aplicación, cuya función es graduar el disparo en los intervalos necesarios.

Además, existen varias boquillas dependiendo el trabajo a realizar; boquillas de chorro recto, chorro en espiral y aspersores rectos.

En el momento en el que se desea sellar la caja, se realizaron pruebas las cuales concluían que las boquillas que mejor se desempeñaban a la hora de sellar las cajas eran las de chorro recto, ya que solo se necesita una aplicación en cada aleta anterior y posterior para poder sellar la caja, igualmente el chorro de estas boquillas es lo suficientemente grueso para aplicar el hotmelt necesario.

El único inconveniente es que se tendría la obligación de obtener dos aplicadores que trabajen simultáneamente en las dos aletas de la caja.

Este aplicador tiene tres entradas, una hidráulica, neumática y una eléctrica; la entrada hidráulica es la que transporta el hotmelt por la manguera y la deposita en el aplicador, y la eléctrica es la que me entrega la corriente para calentar la boquilla y la neumática es la que bombea el disparo.

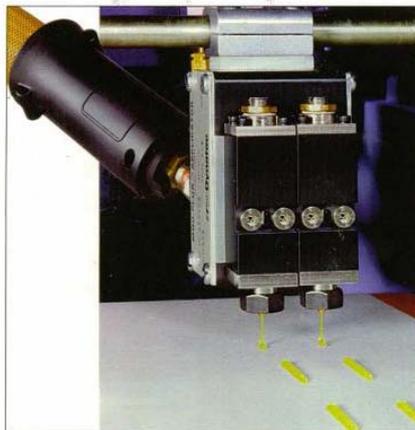


Figura 35 Aplicador de hotmelt³⁶

³⁶ Nordson Corporation, Op.cit.

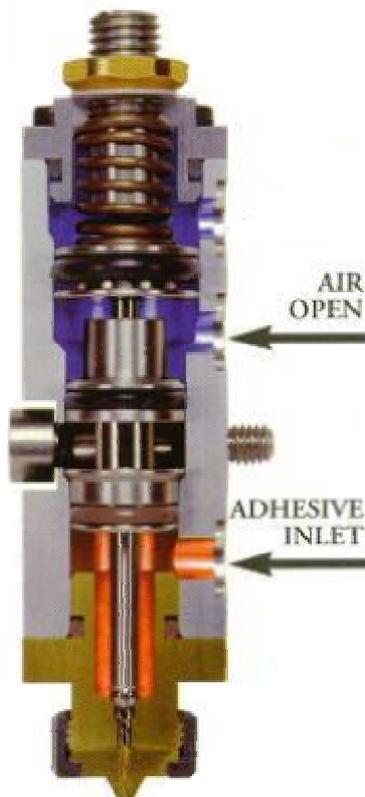


Figura 36 Corte para aplicador de hotmelt³⁷

3.10 SISTEMA NEUMÁTICO

El sistema neumático tiene una red de aire de 120 psi. Como se puede observar, el plano tiene dos (2) válvulas reguladoras de presión, ya que para el actuador A, que sujeta la caja en el momento en el que las cuchillas rompen las pestañas, trabaja con una presión de 80 psi, mientras que los actuadores restantes trabajan a una presión que no supera los 45 psi. Adicional a esto, los terminales cinco (5) y tres (3) tendrán silenciadores, para evitar los ruidos de escape del aire. Ver planos del sistema neumático en el anexo E.

³⁷ Nordson Corporation, Op.cit.

3.11 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Este PLC es la unidad la cual nos controlará la máquina. Se escogió el SIEMENS logo por su facilidad de programación, además, el software permite la simulación del programa en el computador, sin necesidad de adquirir la unidad.

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

Tabla 15 Variantes de PLC Logo³⁸

El PLC tiene las siguientes características:

- Unidad de servicio y visualización (pantalla)
- Hasta 21 entradas y 12 salidas.
- Permite hacer la programación en dos lenguajes: Diagrama funciones (FUP) o en esquema de contactos (KOP).
- 8 funciones básicas, 12 funciones con temporización y funciones lógicas.

³⁸ SIEMENS, Logo manual sexta edición, 2003, P. 8

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas
	LOGO! DM 8 12/24R	12/24 V CC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 24	24 V c.c.	4 digitales	4 transistores 24V / 0,3A
	LOGO! DM 8 24R ⁽³⁾	24 V AC/DC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 230R	115...240 V CA/CC	4 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 5A
	LOGO! AM 2	12/24 V CC	2 analógicas 0 ... 10V ó 0 ... 20mA ⁽²⁾	ninguna
	LOGO! AM 2 PT100	12/24 V DC	2 Pt100 -50 °C hasta +200 °C	ninguna

Tabla 16 Módulos de ampliación PLC Logo³⁹

Para la programación de la máquina se necesita 8 entradas y 12 salidas, para esto se requiere por lo menos 2 módulos de ampliación; se debe tener en cuenta que los módulos digitales solo deben conectarse a dispositivos de la misma clase de tensión. El PLC que se escogió fue el logo 230 RC; debido a que su alimentación es de 115-240 VAC y su entradas deben ser digitales; ya que son especificaciones suministradas por la empresa.

Presentación Basic.	Módulos de ampliación					
	DM 8 12/24R	DM 8 24	DM 8 24R	DM 8 230R	AM2/ AM2 PT100	CM
LOGO! 12/24RC	x	x	x	-	x	x
LOGO! 24	x	x	x	-	x	x
LOGO! 24RC	x	x	x	-	x	x
LOGO! 230RC	-	-	-	x	x	x
LOGO! 12/24RCo	x	x	x	-	x	x
LOGO! 24o	x	x	x	-	x	x
LOGO! 24RCo	x	x	x	-	x	x
LOGO! 230RCo	-	-	-	x	x	x

Tabla 17 Compatibilidad entre PLC y módulos de ampliación⁴⁰

³⁹ SIEMENS, Op. cit., P. 9

El módulo de ampliación 230 R es el que Según la tabla es compatible con el PLC Logo 230 RC tanto en sus entradas como en su alimentación.

En la figura se aprecia la unidad PLC con sus respectivos módulos de ampliación.

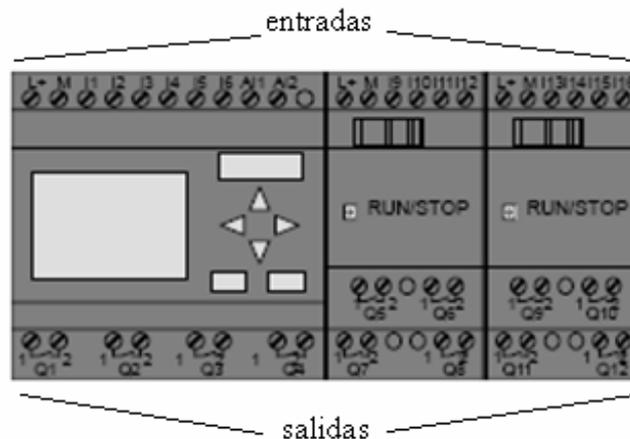


Figura 37 Presentación PLC LOGO 230 RC⁴¹

3.12 ESTRUCTURA

Comercialmente la perfilería se ubica como el principal elemento de diseño en estructuras industriales debido a las propiedades mecánicas que ofrece en relación con el costo. Como sabemos una menor sección transversal en un diseño se ve reflejada en un menor valor pues la cantidad de material es menor sin comprometer críticamente las características de resistencia.

Por esto se eligió trabajar con perfiles en C y en U debido a que se consiguen fácilmente en el mercado nacional, son de bajo costo y tienen buenas propiedades de resistencia, además la estructura de la máquina no necesita resistir cargas demasiado grandes, las únicas cargas que debe sostener son las de su propio

⁴⁰ SIEMENS, Op. cit., P. 14

⁴¹ Ibid., P. 39

peso más el peso de las cajas que en un caso extremo será de 20Kg, esto hace que los requerimientos técnicos en cuanto a resistencia no sean muy altos; sin embargo este diseño será comprobado por medio de software utilizando la técnica de simulación por elementos finitos.

En cuanto a los elementos de unión, la máquina será ensamblada con tornillería estándar de sistema americano proporcionada por Gutemberto distribuidor para Belcorp S.A.

4 RELACIÓN COSTO BENEFICIO

La siguiente tabla muestra una descripción de los costos generados para la construcción de 2 máquinas, no se incluyen costo de investigación, mano de obra ni diseño ingenieril, ya que la investigación dependía de los estudiantes y la mano de obra y el diseño ingenieril dependen de la empresa.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR \$
Unidad de termofundido	1	22.600.000
Mangueras	6 MT	4.900.000
Aplicadores	4	3.500.000
Boquillas	4	1.200.000
Banda de cama deslizante	2	38.000.000
Sensores	10	4.250.000
Cuchillas	6	360.000
Actuadores cuchillas carrera 50mm	6	2.490.000
Actuadores platina carrera 20mm	2	416.000
Actuadores patada carrera 15mm	2	370.000
Actuadores guía carrera 8mm	8	826.800
Estructura techo	2	4.500.000
Patada	2	1.350.000
Platina	2	185.000
Guías	4	800.000
Frenos	4	180.000
Tablero	2	308.000
PLC	2	818.400
Modulo de expansión PLC	6	930.000
Reles	24	357.412
Electrovalvulas biestables	4	408.000
Electrovalvulas monoestables	12	1.224.000
Unidad de mantenimiento	1	146.000
Pulsadores	4	81.480
Racores	50	177.500
Silenciadores	52	218.400
Mangueras	10 MT	12.000
Manifole	4	320.000
Reguladores	4	148.000
Manómetros	4	280.000
Total		91.356.992

Tabla 18 Relación de costos para máquina

Para cubrir la cantidad de cajas que son embaladas en el área, es necesario adquirir mínimo 2 maquinas.

Según la tabla 18 el valor de las 2 maquinas es de \$91'356.992 (noventa y un millón trescientos cincuenta y seis mil novecientos noventa y dos pesos) este valor puede ser recuperado en 6 meses, ya que esta labor la vienen desempeñando 12 operarios cuyo sueldo no es inferior a los \$700.000 (setecientos mil pesos) mensuales, es decir, en los seis meses los 12 operarios le cuestan a la empresa \$8'400.000 (ochocientos cuatrocientos mil pesos), pero como es necesario dos turnos para terminar de sellar las cajas, el costo mensual de los 24 operarios es de \$16'800.000 (dieciséis millones ochocientos mil pesos), que en seis meses serian \$100'800.000 (cien millones ochocientos mil pesos).

CONCLUSIONES

- Se diseñó una máquina para el sellado de cajas de cartón con los requerimientos dados por Belcorp S.A. Esta máquina tiene un sistema de despliegue de pestañas y usa hotmelt como elemento de pegado para las pestañas, el diseño fue simulado mediante ANSYS donde se comprobó su funcionalidad y se obtuvieron factores de seguridad que corroboran los datos obtenidos y dan confianza sobre el diseño.
- Luego de investigar se encontró que las máquinas disponibles en el mercado para el sellado de cajas son de tres tipos principalmente; con cinta, con grapas y con adhesivo térmico. La mayoría de información sobre estas se encontró en páginas empresariales de Internet en otros países por lo que su compra implicaría gastos de importación. Algunas de estas empresas tienen representación en Colombia pero los costos de importación son generados así se compre en el mercado nacional o internacional.
- Hay gran variedad de bandas transportadoras, cada una supe necesidades diferentes. Este proceso requiere dos tipos de banda; una que sirva como acumulador por los posibles represamientos en el proceso, para este caso se seleccionó una banda de rodillos vivos; la otra banda que se necesita debe tener gran adherencia a la superficie de la caja para que no hayan deslizamientos mientras se pliegan las cajas, para este caso se seleccionó una banda con superficie de goma por su alto coeficiente de fricción.
- Cada sistema de sellado de cajas tiene características diferentes, en general la mejor selección depende de la aplicación y condiciones que

necesiten cubrirse. Este proceso necesita un sistema que ofrezca seguridad y rapidez en el sellado por lo que se seleccionó el adhesivo termofundible como elemento de unión ya que tiene un corto tiempo de secado y por la seguridad que brinda.

- Se investigó si existían máquinas que hagan la ruptura de pestañas como solicitaba Belcorp S.A. y se encontró que los modelos ofrecidos solo hacen la parte de sellado mas no hacen ruptura de pestañas como es necesario para este proyecto.
- Se llegó a la conclusión de que el mejor sistema es el de transmisión por cadenas ya que otros sistemas tienen desventajas frente a este; por ejemplo la transmisión por engranajes es muy costosa en la inversión inicial y la transmisión por poleas no es positiva por lo que podrían presentarse fallas en la transmisión de movimiento.
- Se seleccionó un motor eléctrico de 1 Hp con 1800Rpm para la banda ya que la potencia necesaria para el movimiento del sistema es baja.
- Se concluye que el sistema de despliegue de pestañas más ajustable al proceso son las cuchillas por comodidad y rapidez ya que funciona por medio de actuadores neumáticos que dan una mejor velocidad de avance en comparación con un sistema de serrucho que debe hacer varias pasadas para lograr romper los seguros.
- No hay necesidad de ejercer mucha presión sobre la caja luego de aplicar el adhesivo por esto se usa una platina para que sostenga las aletas en posición horizontal mientras que el pegante se seca y una pestañas anterior y posterior con las pestañas laterales.

- Se concluyó que la manera mas económica y aplicable para sellar dos tipos de caja en una misma línea, es buscar que la máquina identifique cada una de ellas, para esto se emplearon sensores ópticos los cuales ajustan la máquina dependiendo la caja sensada.
- Se usarán sensores ópticos retroreflectivos por fiabilidad, facilidad en el montaje y por su costo.
- El mejor adhesivo termoplástico para cartón corrugado es hotmelt 2024 fabricado por artecola.
- Se usa un PLC como elemento de control ya que da mayor confiabilidad en ambientes industriales.
- Se concluye que el duraluminio es el material con el cual se realizarán las cuchillas ya que es liviano y con propiedades mecánicas similares a la de un acero 1010.
- Se analizó por medio de software ANSYS la estructura de la máquina y arrojó resultados con un margen de seguridad alto, lo cual confirma los resultados de los cálculos en el diseño.
- Gracias a los programas de simulación se pueden verificar errores del sistema o de una máquina, esto facilita la labor del ingeniero ya que esta revisando su trabajo virtualmente.
- Para seleccionar un elemento para una máquina es importante tener varias fuentes de información, para poder escoger el proveedor que cumpla con las expectativas no solo del proyecto si no de la empresa la cual este solicitando los servicios.

BIBLIOGRAFÍA

FESTO DIDACTIC. Sensores para la técnica de procesos y manipulación. Esslingen, 1993.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grado Bogota: ICONTEC, 2005.

FESTO DIDACTIC. Sensores para la técnica de procesos y manipulación. Esslingen, 1993.

SHIGLEY, Joseph Edward. Diseño en Ingeniería Mecánica. México: Mc Graw Hill Editorial, 2001.

INTERMEC. La transmisión de potencia por cadena de rodillos. Cuarta edición, 2000

FERDINAND P. Beer – RUSSELL Johnston. Mecánica de materiales, segunda edición, 2000.

SIEMENS, Logo manual sexta edición, 2003

<http://www.ad.siemens.com/logo/index.htm>

<http://www.hytrol.com/>

<http://www.artecola.br>

<http://www.sfwcompanies.com>

[http:// www.nordson.com/sistem/hotmelt.htm](http://www.nordson.com/sistem/hotmelt.htm)

<http://www.dynatec.com/marathon/adhesive/aplication.htm>

<http://www.ab.com/sensors>

ANEXO A

Gráficas para análisis de falla por pandeo en actuadores neumáticos

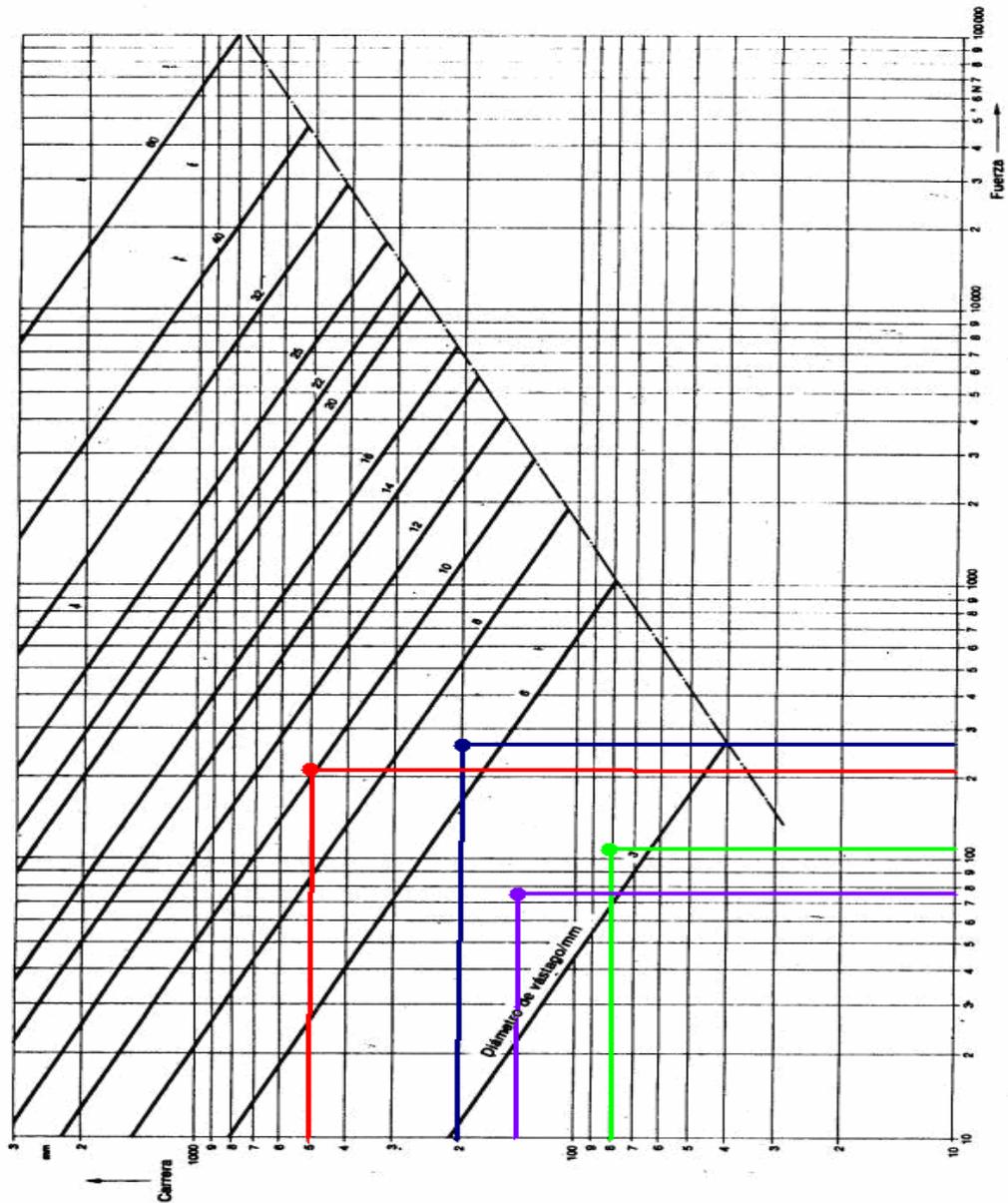


Ilustración 1 Gráfica de falla por pandeo (MICRO, Catalogo de productos,2004)

Actuador	Cuchillas	Platina	Ancho de caja	Patada
Referencia	RM 182032m/500	RM 192025m/200	RM 182025m/80	RM 182016m/150
Ø interior (mm)	32	25	25	16
Ø vástago (mm)	25	12.5	12.5	12.5
Fuerza (N)	209.550	272.530	113.796	17.700
Carrera (cm)	50	20	8	15
Conexión (in)	1/4	1/8	1/8	1/8

ANEXO B

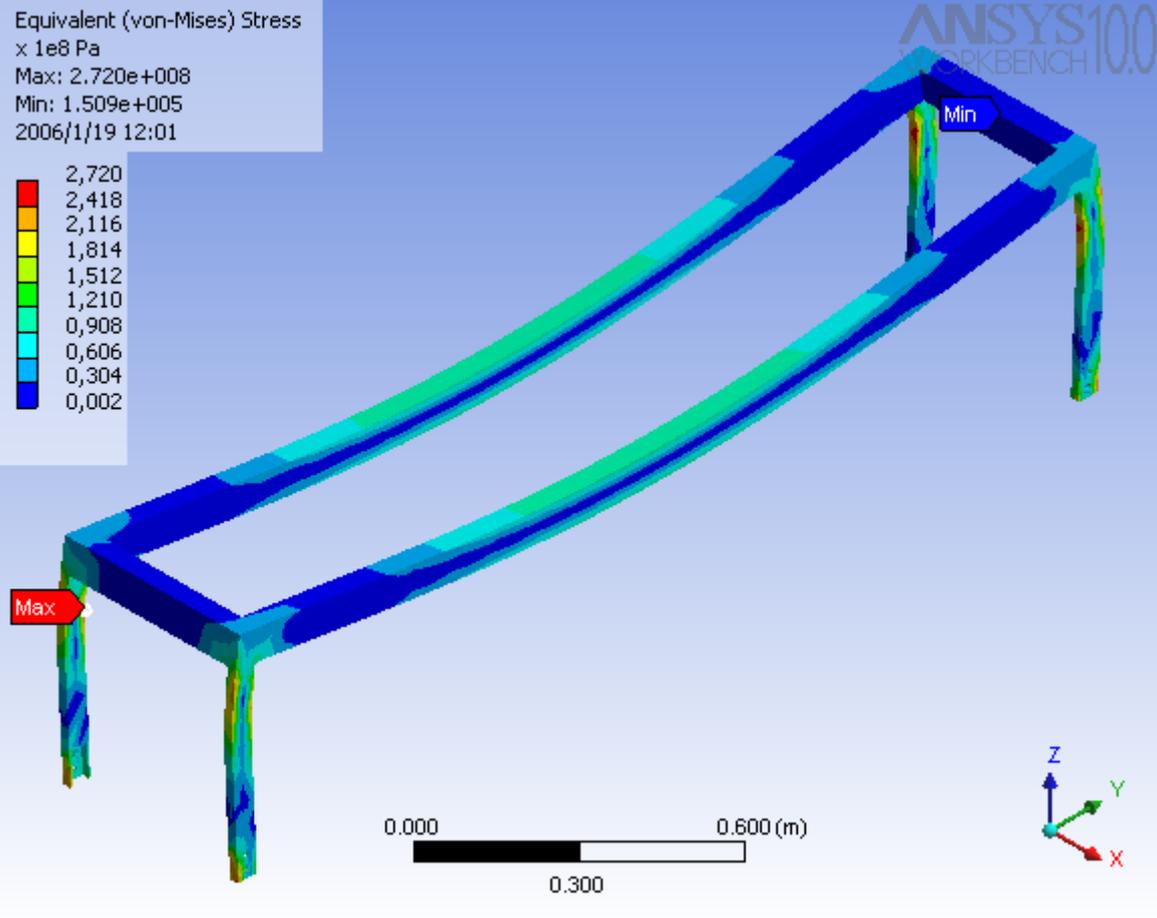
Análisis estructural

Equivalent Stress

Subject:

Date Saturday, December 10, 2005

Comments:



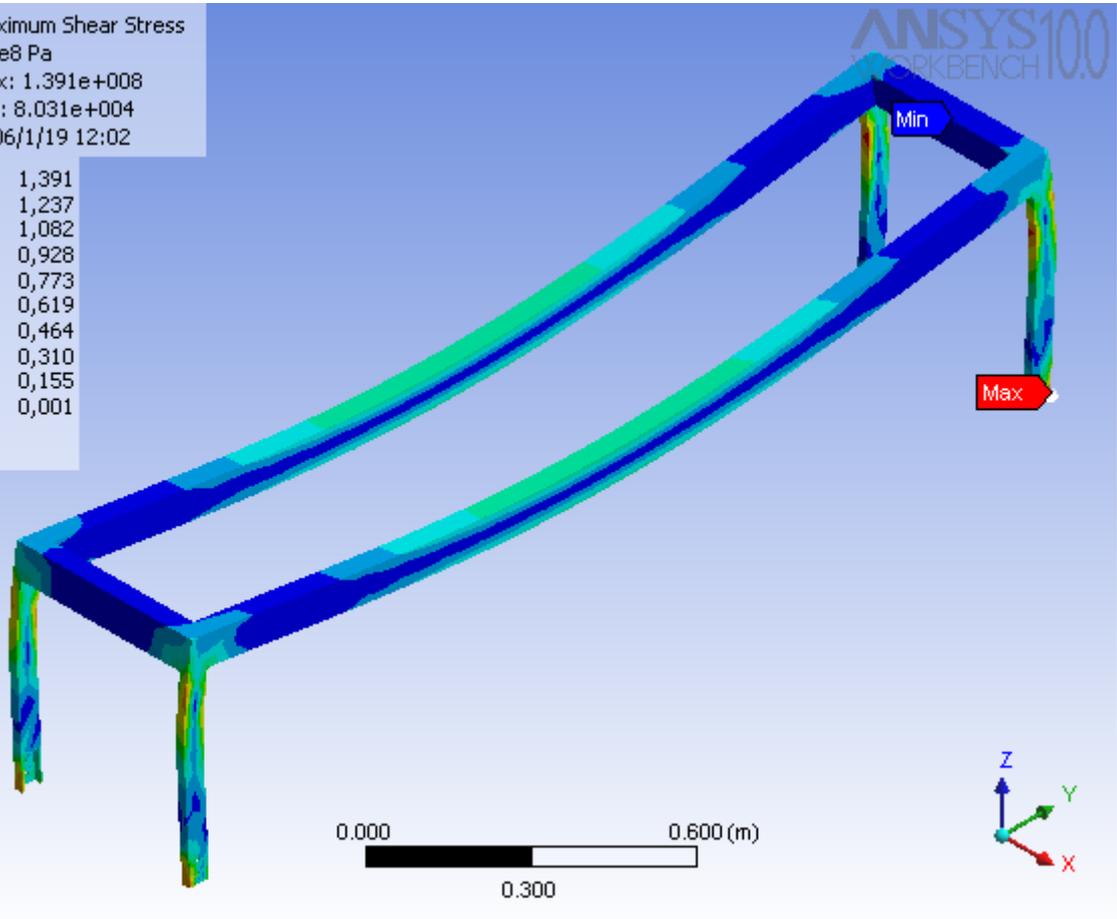
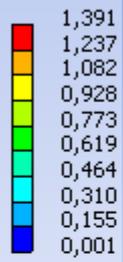
Maximum Shear Stress

Subject:

Date Saturday, December 10, 2005

Comments:

Maximum Shear Stress
x 1e8 Pa
Max: 1.391e+008
Min: 8.031e+004
2006/1/19 12:02

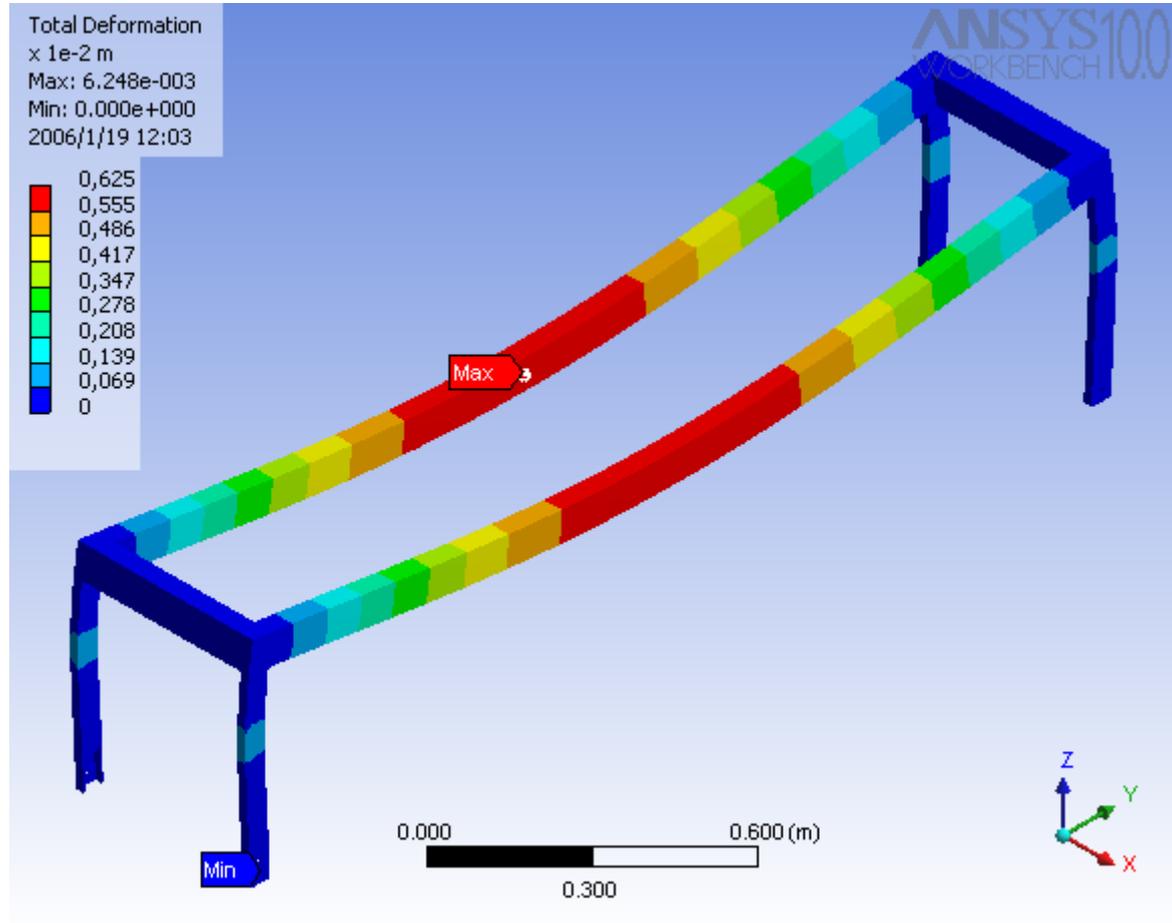


Total Deformation

Subject:

Date Saturday, December 10, 2005

Comments:

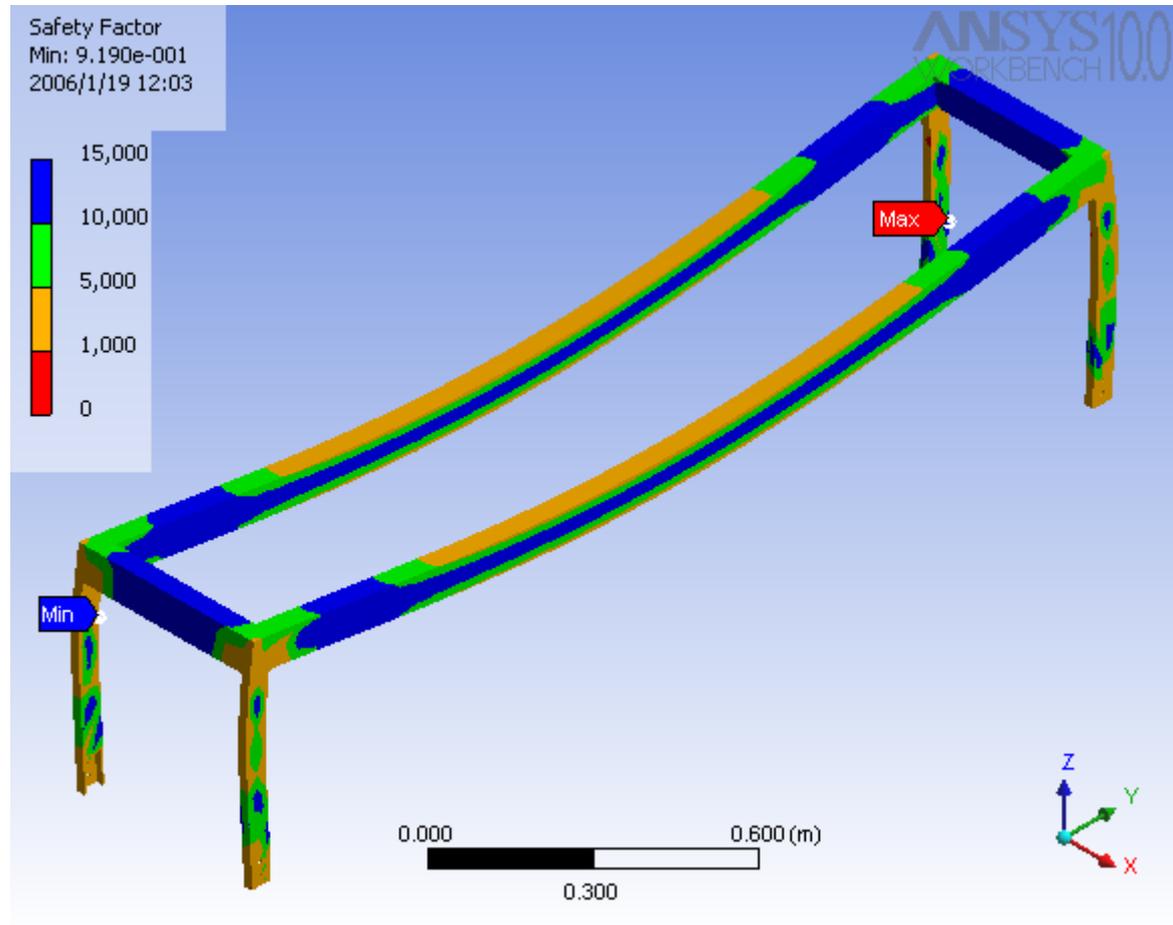


Safety Factor

Subject:

Date Saturday, December 10, 2005

Comments:

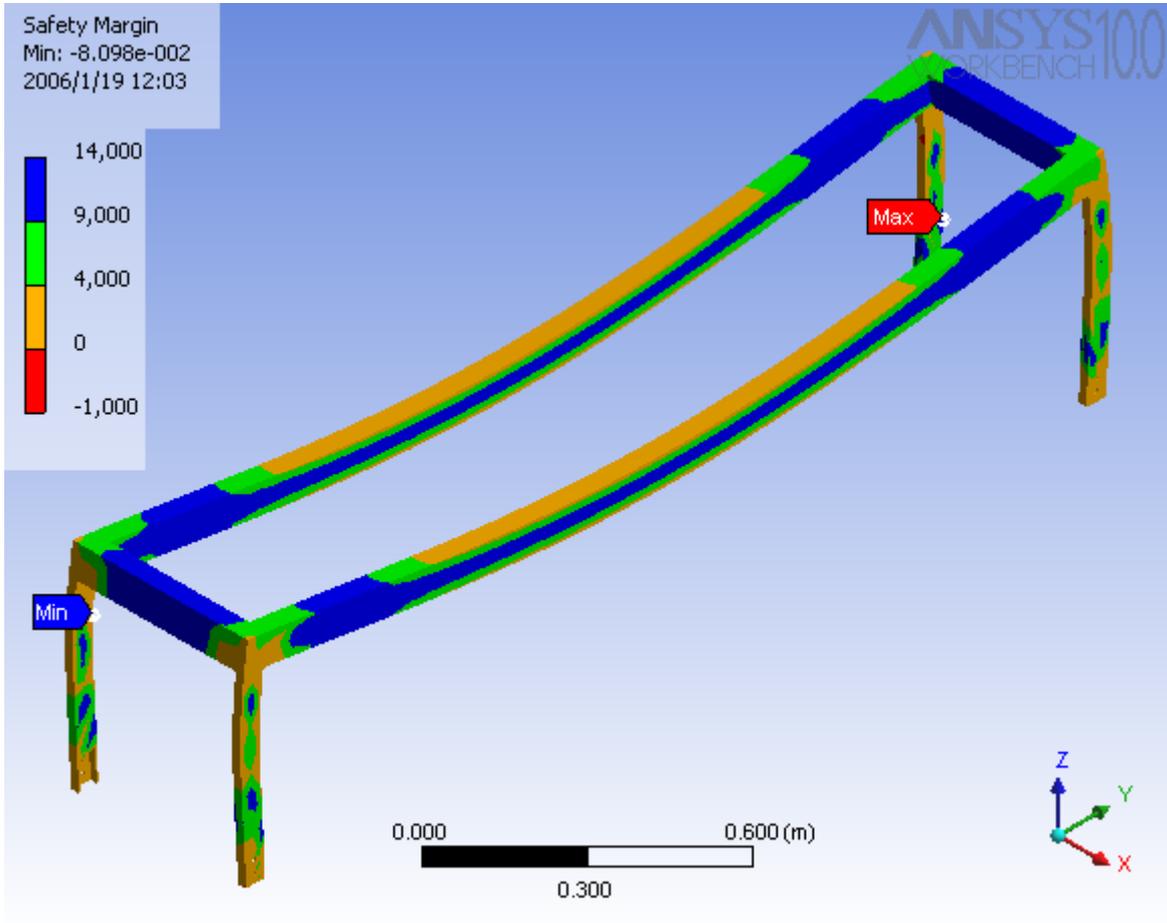


Safety Margin

Subject:

Date Saturday, December 10, 2005

Comments:





5 Project

Project Created

Saturday, December 10, 2005 at 1:20:05 PM

Project Last Modified

Saturday, December 10, 2005 at 1:40:09 PM

Report Created

Thursday, January 19, 2006 at 11:57:38 AM

Software Used

ANSYS 10.0

Database

C:\Documents and Settings\MARCO\Escritorio\Ansys\Techo.dsd

6 1. Summary

This report documents design and analysis information created and maintained using the ANSYS® engineering software program. Each scenario listed below represents one complete engineering simulation.

Scenario 1

- Based on the Solid Edge® part ["C:\Documents and Settings\MARCO\Mis documentos\Universidad\Tesis\Planos\Techo.par"](#).
 - Considered the effect of **acceleration**, **structural loads** and **structural supports**.
 - Calculated safety factors and margins based on **maximum equivalent stress** and **maximum shear stress** along with **structural** results.
 - No **convergence criteria** defined.
 - No **alert criteria** defined.
 - See **Scenario 1** below for supporting details and **Appendix A1** for corresponding figures.
-

7 2. Introduction

The ANSYS CAE (Computer-Aided Engineering) software program was used in conjunction with 3D CAD (Computer-Aided Design) solid geometry to simulate the behavior of mechanical bodies under thermal/structural loading conditions. ANSYS automated FEA (Finite Element Analysis) technologies from [ANSYS, Inc.](#) to generate the results listed in this report.

Each scenario presented below represents one complete engineering simulation. The definition of a simulation includes known factors about a design such as material properties per body, contact behavior between bodies (in an assembly), and types and magnitudes of loading conditions. The results of a simulation provide insight into how the bodies may perform and how the design might be improved. Multiple scenarios allow comparison of results given different loading conditions, materials or geometric configurations.

Convergence and alert criteria may be defined for any of the results and can serve as guides for evaluating the quality of calculated results and the acceptability of values in the context of known design requirements.

- *Solution history* provides a means of assessing the quality of results by examining how values change during successive iterations of solution refinement. *Convergence criteria* sets a specific limit on the allowable change in a result between iterations. A result meeting this criteria is said to be "converged".
- *Alert criteria* define "allowable" ranges for result values. Alert ranges typically represent known aspects of the design specification.

All values are presented in the "*SI Metric (m, kg, N, °C, s, V, A)*" unit system.

Notice

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

8 3. Scenario 1

8.1 3.1. "Model"

"Model" obtains geometry from the Solid Edge[®] part "C:\Documents and Settings\MARCO\Mis documentos\Universidad\Tesis\Planos\Techo.par".

- The bounding box for the model measures 0.45 by 2.2 by 0.55 m along the global x, y and z axes, respectively.
- The model has a total mass of 151.25 kg.
- The model has a total volume of $1.93 \times 10^{-2} \text{ m}^3$.

Name	Material	Nonlinear Material Effects	Bounding Box (m)	Mass (kg)	Volume (m ³)	Nodes	Elements
"Techo.par"	"Structural Steel"	Yes	0.45, 2.2, 0.55	151.25	1.93×10^{-2}	3901	1645

8.1.1 3.1.1. Mesh

- "Mesh", associated with "Model" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 3901 nodes and 1645 elements.

No mesh controls specified.

8.2 3.2. "Environment"

Simulation Type is set to Static

Analysis Type is set to Static Structural

"Environment" contains all loading conditions defined for "Model" in this scenario.

Standard Earth Gravity - Standard Earth Gravity

- Magnitude: 9.81 m/s²
- Vector: [0.0 m/s² x, 0.0 m/s² y, -9.81 m/s² z] in the Global Coordinate System

8.2.1 3.2.1. Structural Loading

Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector
"Pressure"	Pressure	300,000.0 Pa	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

8.2.2 3.2.2. Structural Supports

Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector
------	------	----------------	-----------------------	-----------------	------------------------

"Fixed Support"	Fixed Surface	68,632.78 N (not updated)	$[-3.1 \times 10^{-4} \text{ N x, } -1.07 \times 10^{-4} \text{ N y, } 68,632.78 \text{ N z}]$ (not updated)	3,795.88 N·m (not updated)	$[-3,795.87 \text{ N·m x, } -4.58 \text{ N·m y, } 1.81 \times 10^{-4} \text{ N·m z}]$ (not updated)
-----------------	---------------	---------------------------	--	----------------------------	---

8.3 3.3. "Solution"

Solver Type is set to Program Controlled

Weak Springs is set to Program Controlled

Large Deflection is set to Off

"Solution" contains the calculated response for "Model" given loading conditions defined in "Environment".

- Thermal expansion calculations use a constant reference temperature of 22.0 °C for "Techo.par". Theoretically, at a uniform temperature of 22.0 °C no strain results from thermal expansion or contraction.

8.3.1 3.3.1. Structural Results

Name	Scope	Minimum	Maximum	Minimum Occurs On	Maximum Occurs On	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	"Model"	150,913.39 Pa (not updated)	2.72×10^8 Pa (not updated)	Techo.par	Techo.par	None
"Maximum Shear Stress"	"Model"	80,314.08 Pa (not updated)	1.39×10^8 Pa (not updated)	Techo.par	Techo.par	None
"Total Deformation"	"Model"	0.0 m (not updated)	6.25×10^{-3} m (not updated)	Techo.par	Techo.par	None

- Convergence tracking not enabled.

8.3.2 3.3.2. Equivalent Stress Safety

Name	Stress Limit
"Stress Tool"	Yield strength per material.

Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool"	"Model"	Safety Factor	0.92 (not updated)	None
"Stress Tool"	"Model"	Safety Margin	-8.1×10^{-2} (not updated)	None

- Convergence tracking not enabled.

8.3.3 3.3.3. Shear Stress Safety

Table 3.3.3.1. Definition		
Name	Shear Limit	Shear Factor
"Stress Tool 2"	Yield strength per material.	0.5

Table 3.3.3.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool 2"	"Model"	Safety Factor	0.9 (not updated)	None
"Stress Tool 2"	"Model"	Safety Margin	-0.1 (not updated)	None

- Convergence tracking not enabled.
-

9 Appendices

9.1 A1. Scenario 1 Figures

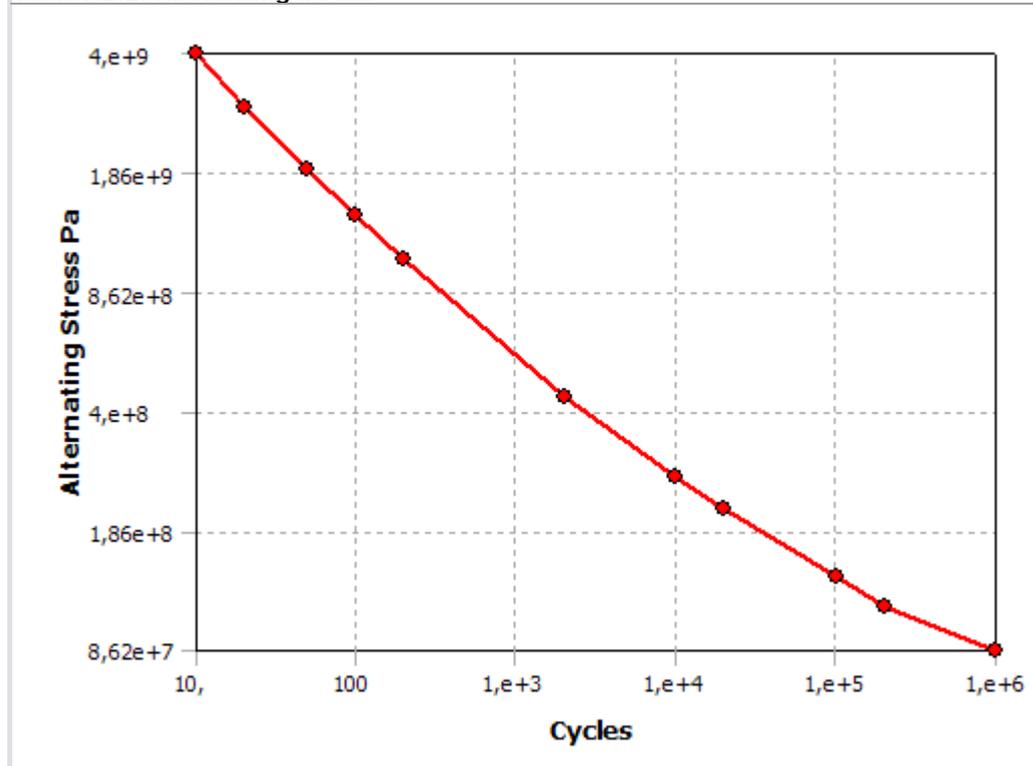
No figures to display.

9.2 A2. Definition of "Structural Steel"

Table A2.1. "Structural Steel" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.5×10^8 Pa
Density	7,850.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.3
Tensile Yield Strength	2.5×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	4.6×10^8 Pa
Young's Modulus	2.0×10^{11} Pa
Thermal Expansion	1.2×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	434.0 J/kg·°C
Thermal Conductivity	60.5 W/m·°C
Relative Permeability	10,000.0
Resistivity	1.7×10^{-7} Ohm·m

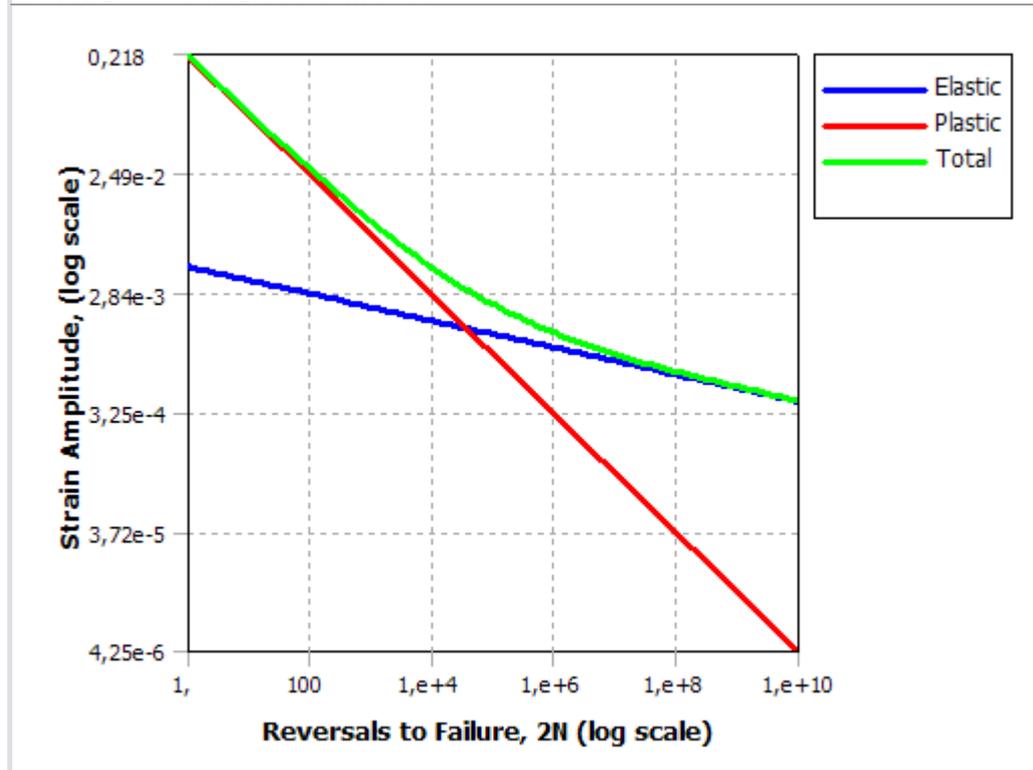
Table A2.2. Alternating Stress



Mean Value 0.0

Cycles	Alternating Stress
10.0	4.0×10^9 Pa
20.0	2.83×10^9 Pa
50.0	1.9×10^9 Pa
100.0	1.41×10^9 Pa
200.0	1.07×10^9 Pa
2,000.0	4.41×10^8 Pa
10,000.0	2.62×10^8 Pa
20,000.0	2.14×10^8 Pa
100,000.0	1.38×10^8 Pa
200,000.0	1.14×10^8 Pa
1,000,000.0	8.62×10^7 Pa

Table A2.4. Strain-Life Parameters



Strength Coefficient	9.2×10^8 Pa
Strength Exponent	-0.11
Ductility Coefficient	0.21
Ductility Exponent	-0.47
Cyclic Strength Coefficient	1.0×10^9 Pa
Cyclic Strain Hardening Exponent	0.2

9.3 A3. Distributing This Report

The following table lists the files that you need to include for posting this report to an Internet or Intranet web server or for moving this report to a different location. Store all files in the same folder as the HTML page.

This report was originally generated in the folder "*C:\Documents and Settings\MARCO\Datos de programa\Ansys\v100*".

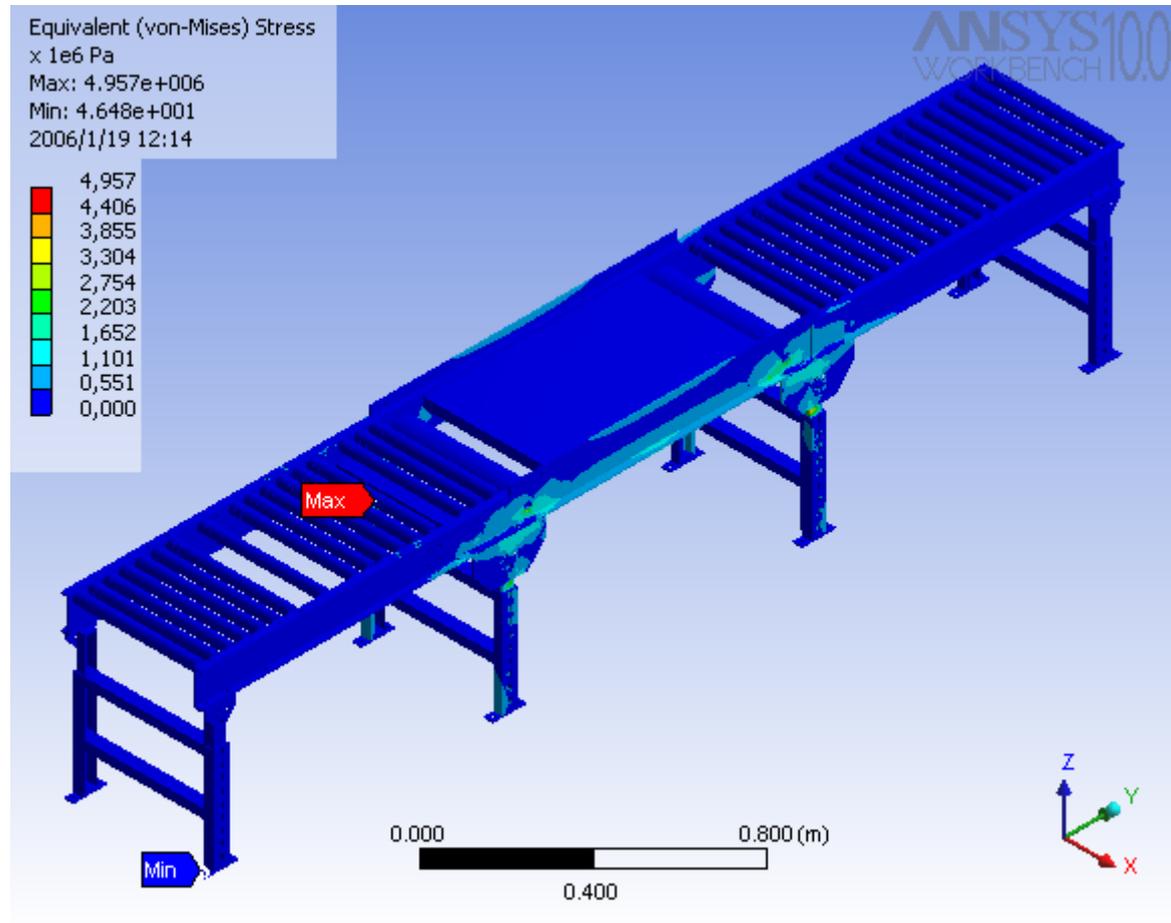
File Name	Description
<i>"DSReport.htm"</i>	This HTML page.
<i>"StyleSheet.css"</i>	The Cascading Style Sheet used to format the HTML page.
<i>"AnsCompanyLogo.gif"</i>	The ANSYS image displayed at the top of the title page.
<i>"Table0001.png"</i>	Table A2.2. <i>"Alternating Stress"</i> Alternating Stress
<i>"Table0002.png"</i>	Table A2.4. <i>"Strain-Life Parameters"</i> Strain-Life Parameters

Equivalent Stress

Subject:

Date Monday, January 16, 2006

Comments:



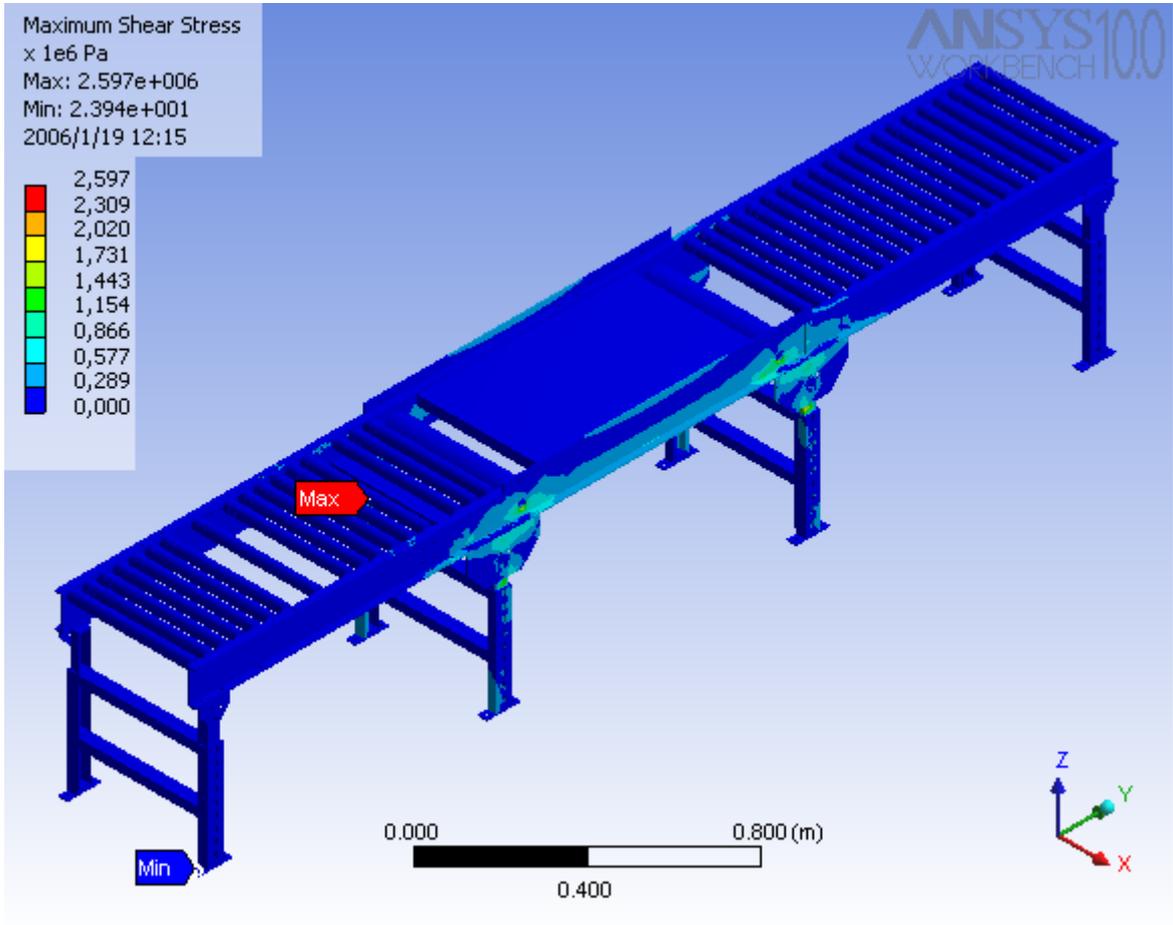
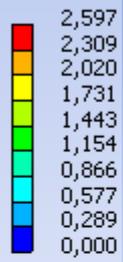
Maximum Shear Stress

Subject:

Date Monday, January 16, 2006

Comments:

Maximum Shear Stress
x 1e6 Pa
Max: 2.597e+006
Min: 2.394e+001
2006/1/19 12:15



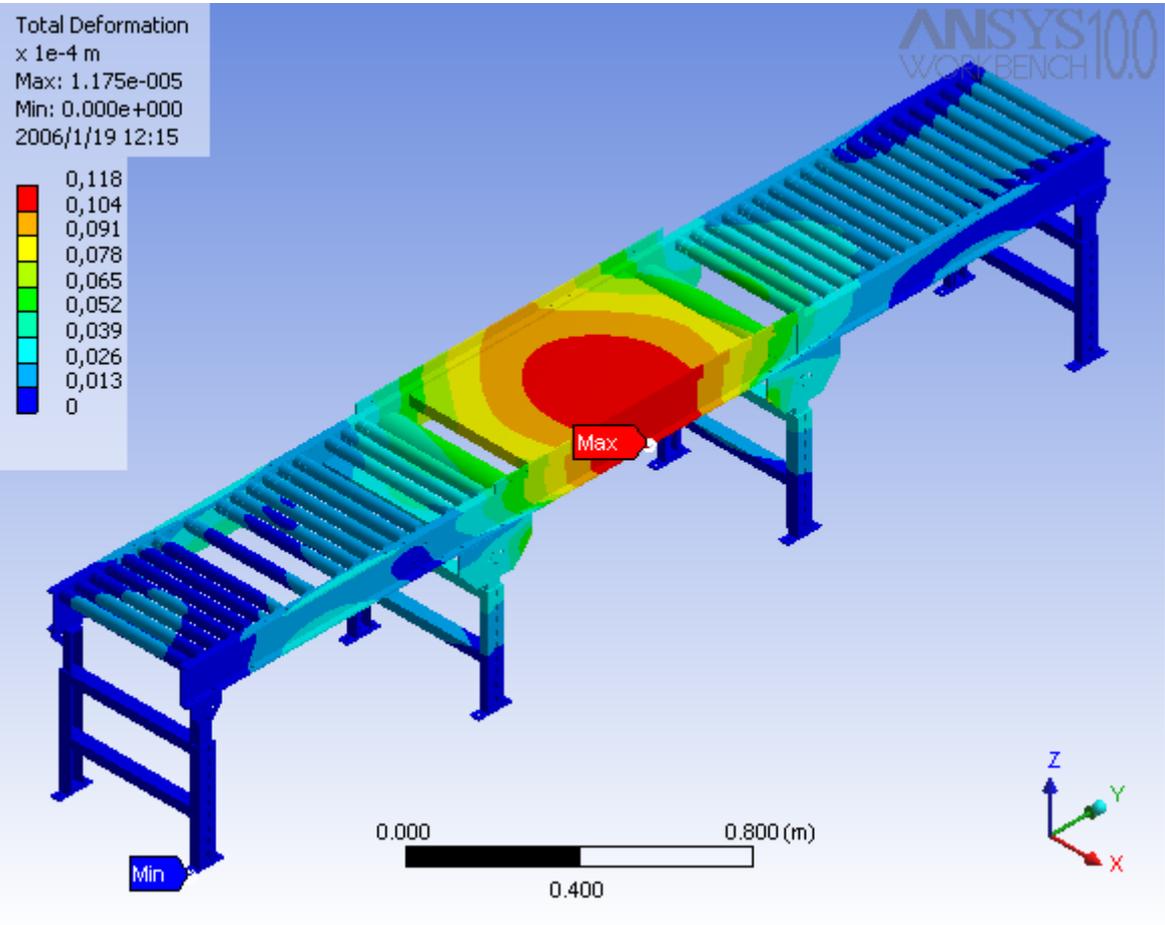
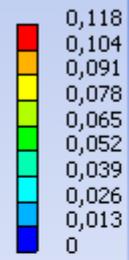
Total Deformation

Subject:

Date Monday, January 16, 2006

Comments:

Total Deformation
x 1e-4 m
Max: 1.175e-005
Min: 0.000e+000
2006/1/19 12:15

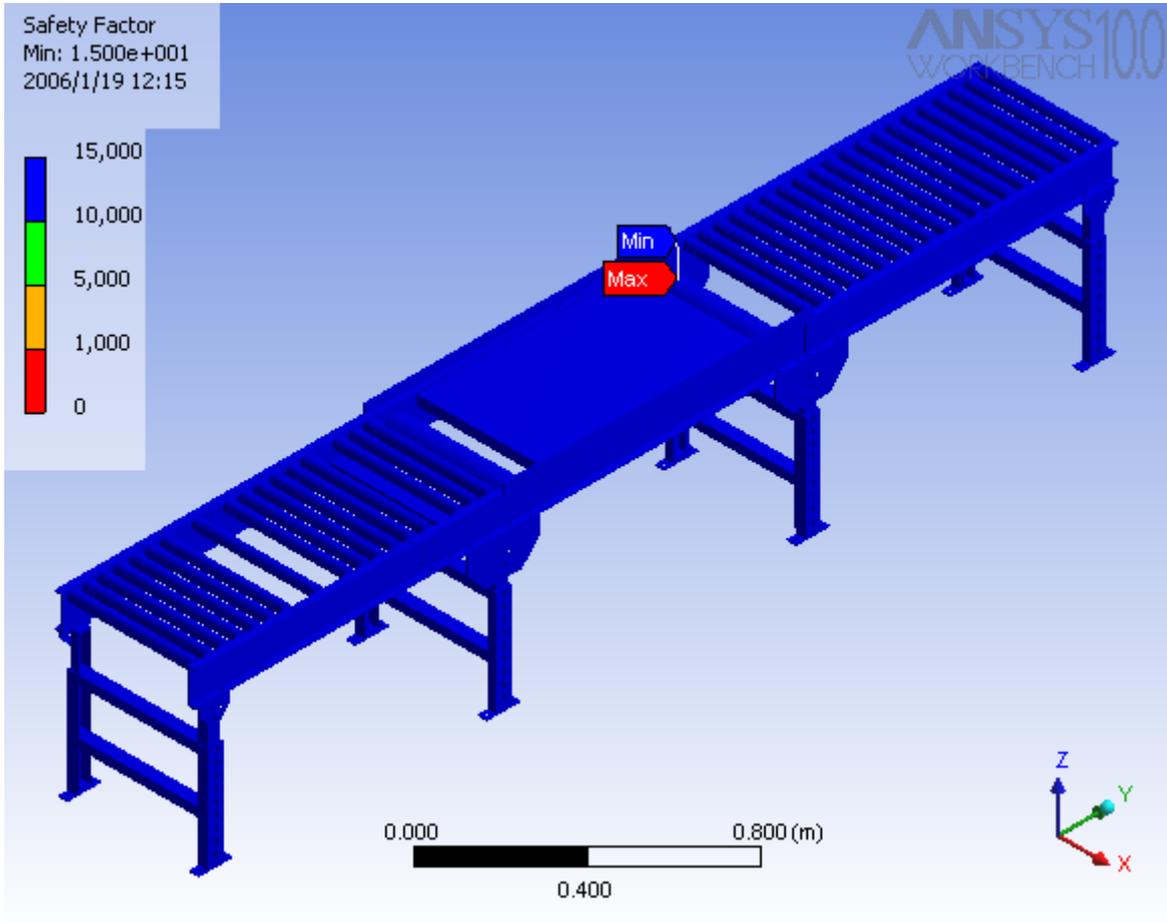


Safety Factor

Subject:

Date Monday, January 16, 2006

Comments:

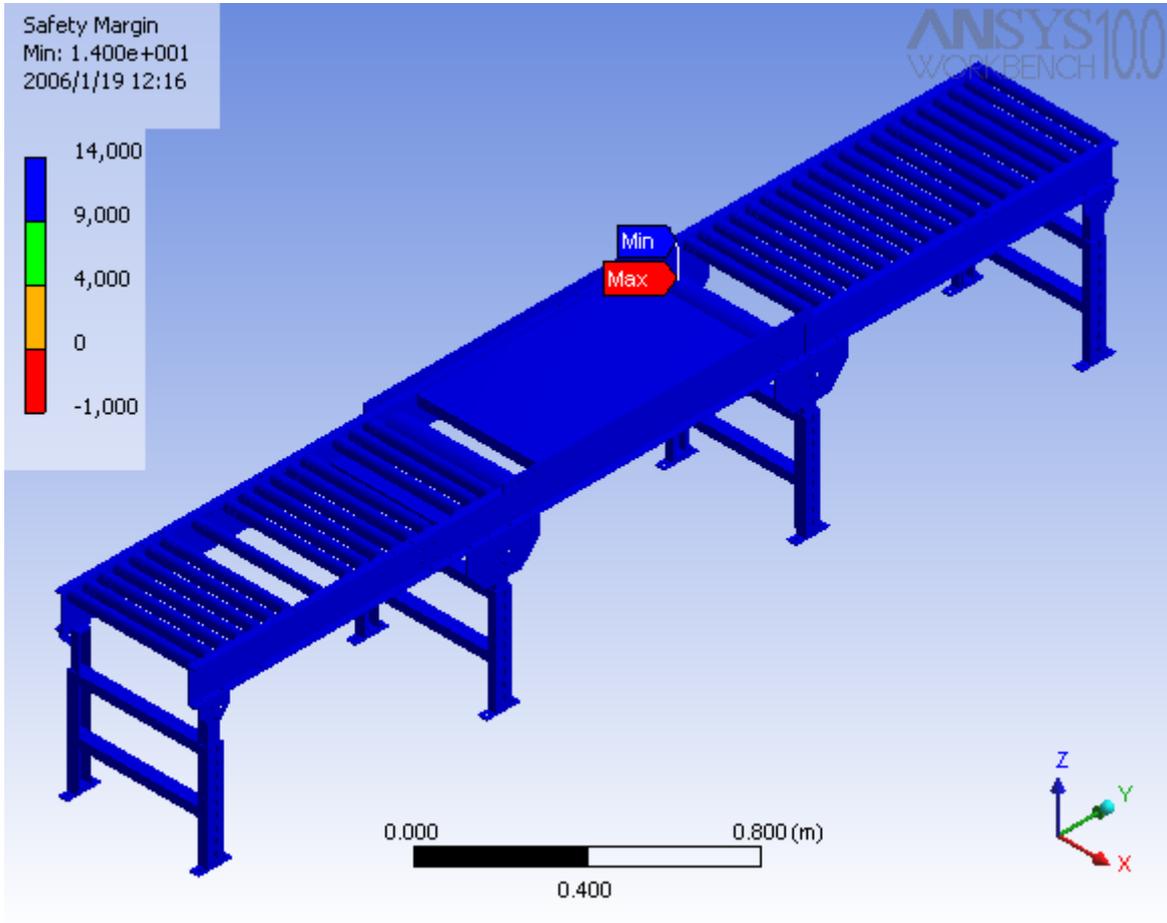


Safety Margin

Subject:

Date Monday, January 16, 2006

Comments:





10 Project

Project Created

Saturday, January 14, 2006 at 10:57:25 PM

Project Last Modified

Monday, January 16, 2006 at 8:57:24 PM

Report Created

Thursday, January 19, 2006 at 12:10:15 PM

Software Used

ANSYS 10.0

Database

C:\Documents and Settings\MARCO\Escritorio\Ansys\simulacion.dsd

11 1. Summary

This report documents design and analysis information created and maintained using the ANSYS® engineering software program. Each scenario listed below represents one complete engineering simulation.

Scenario 1

- Based on the Solid Edge® assembly ["C:\Documents and Settings\MARCO\Escritorio\marco\Simulacion\Ensamble.asm"](#).
- Considered the effect of **body-to-body contact**, **acceleration**, **structural loads** and **structural supports**.
- Calculated safety factors and margins based on **maximum equivalent stress** and **maximum shear stress** along with **structural results**.
- No **convergence criteria** defined.
- No **alert criteria** defined.
- See **Scenario 1** below for supporting details and **Appendix A1** for corresponding figures.

<hr size=2 width="100%" align=center>

12 2. Introduction

The ANSYS CAE (Computer-Aided Engineering) software program was used in conjunction with 3D CAD (Computer-Aided Design) solid geometry to simulate the behavior of mechanical bodies under thermal/structural loading conditions. ANSYS automated FEA (Finite Element Analysis) technologies from [ANSYS, Inc.](#) to generate the results listed in this report.

Each scenario presented below represents one complete engineering simulation. The definition of a simulation includes known factors about a design such as material properties per body, contact behavior between bodies (in an assembly), and types and magnitudes of loading conditions. The results of a simulation provide insight into how the bodies may perform and how the design might be improved. Multiple scenarios allow comparison of results given different loading conditions, materials or geometric configurations.

Convergence and alert criteria may be defined for any of the results and can serve as guides for evaluating the quality of calculated results and the acceptability of values in the context of known design requirements.

- *Solution history* provides a means of assessing the quality of results by examining how values change during successive iterations of solution refinement. *Convergence criteria* sets a specific limit on the allowable change in a result between iterations. A result meeting this criteria is said to be "converged".
- *Alert criteria* define "allowable" ranges for result values. Alert ranges typically represent known aspects of the design specification.

All values are presented in the "*SI Metric (m, kg, N, °C, s, V, A)*" unit system.

Notice

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

13 3. Scenario 1

13.13.1. "Model"

"Model" obtains geometry from the Solid Edge[®] assembly "C:\Documents and Settings\MARCO\Escritorio\marco\Simulacion\Ensamble.asm".

- The bounding box for all positioned bodies in the model measures 0.46 by 3.01 by 0.65 m along the global x, y and z axes, respectively.
- The model has a total mass of 246.93 kg.
- The model has a total volume of $4.51 \times 10^{-2} \text{ m}^3$.

Name	Material	Nonlinear Material Effects	Bounding Box(m)	Mass (kg)	Volume (m ³)	Nodes	Elements
"banda parte 1, 1.par: 1"	"Structural Steel"	Yes	0.46, 1.0, 0.14	87.43	0.01	11182	5272
"banda parte 2.par: 1"	"Structural Steel"	Yes	0.46, 1.0, 0.11	23.21	2.96×10^{-3}	20167	9538
"banda parte 2-1.par: 1"	"Structural Steel"	Yes	0.46, 1.0, 0.11	23.29	2.97×10^{-3}	21858	10346
"Rodillo.par: 1"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 2"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 3"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 4"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 5"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 6"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 7"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 8"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 9"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 10"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 11"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676

			3.49×10^{-2}				
"Rodillo.par: 12"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 13"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 14"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 15"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 16"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 17"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"rodillo banda 1.par: 1"	"Aluminum Alloy 2"	Yes	0.43, 0.1, 0.1	7.06	3.21×10^{-3}	915	490
"rodillo banda 1.par: 2"	"Aluminum Alloy 2"	Yes	0.43, 0.1, 0.1	7.06	3.21×10^{-3}	915	490
"soporte parte 2.par: 1"	"Structural Steel"	Yes	2.3×10^{-2} , 0.1, 7.0×10^{-2}	0.24	3.01×10^{-5}	931	385
"soporte parte 3,2 .par: 1"	"Structural Steel"	Yes	0.45, 4.0×10^{-2} , 0.45	10.77	1.37×10^{-3}	6187	2955
"Soporte parte 1.par: 1"	"Structural Steel"	Yes	3.0×10^{-2} , 0.11, 0.35	1.48	1.88×10^{-4}	2556	1099
"Soporte parte 1.par: 2"	"Structural Steel"	Yes	3.0×10^{-2} , 0.11, 0.35	1.48	1.88×10^{-4}	2556	1099
"soporte parte 2.par: 2"	"Structural Steel"	Yes	2.3×10^{-2} , 0.1, 7.0×10^{-2}	0.24	3.01×10^{-5}	931	385
"soporte parte 4.par: 1"	"Structural Steel"	Yes	2.3×10^{-2} , 0.24, 0.13	1.1	1.4×10^{-4}	1981	873
"soporte parte 3,2 .par: 2"	"Structural Steel"	Yes	0.45, 4.0×10^{-2} , 0.45	10.77	1.37×10^{-3}	6187	2955
"Soporte parte 1.par: 3"	"Structural Steel"	Yes	3.0×10^{-2} , 0.11, 0.35	1.48	1.88×10^{-4}	2556	1099
"Soporte parte 1.par: 4"	"Structural Steel"	Yes	3.0×10^{-2} , 0.11, 0.35	1.48	1.88×10^{-4}	2556	1099
"soporte parte 4.par: 2"	"Structural Steel"	Yes	2.3×10^{-2} , 0.24, 0.13	1.1	1.4×10^{-4}	1981	873
"Rodillo.par: 18"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 19"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 20"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676

"Rodillo.par: 21"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 22"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 23"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 24"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 25"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 26"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 27"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 28"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 29"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 30"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 31"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 32"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 33"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 34"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 35"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 36"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"Rodillo.par: 37"	"Aluminum Alloy"	Yes	0.42, 3.49×10^{-2} , 3.49×10^{-2}	1.04	3.77×10^{-4}	7080	4676
"soporte parte 4.par: 3"	"Structural Steel"	Yes	2.3×10^{-2} , 0.24, 0.13	1.1	1.4×10^{-4}	1981	873
"Soporte parte 1.par: 5"	"Structural Steel"	Yes	3.0×10^{-2} , 0.11, 0.35	1.48	1.88×10^{-4}	2556	1099
"Soporte parte"	"Structural Steel"	Yes	3.0×10^{-2} ,	1.48	1.88×10^{-4}	2556	1099

1.par: 6"	"Steel"		0.11, 0.35				
"soporte parte 4.par: 4"	"Structural Steel"	Yes	2.3×10^{-2} , 0.24, 0.13	1.1	1.4×10^{-4}	1981	873
"soporte parte 3,2 .par: 3"	"Structural Steel"	Yes	0.45, 4.0×10^{-2} , 0.45	10.77	1.37×10^{-3}	6187	2955
"soporte parte 2.par: 3"	"Structural Steel"	Yes	2.3×10^{-2} , 0.1, 7.0×10^{-2}	0.24	3.01×10^{-5}	931	385
"soporte parte 3,2 .par: 4"	"Structural Steel"	Yes	0.45, 4.0×10^{-2} , 0.45	10.77	1.37×10^{-3}	6187	2955
"Soporte parte 1.par: 7"	"Structural Steel"	Yes	3.0×10^{-2} , 0.11, 0.35	1.48	1.88×10^{-4}	2556	1099
"soporte parte 2.par: 4"	"Structural Steel"	Yes	2.3×10^{-2} , 0.1, 0.07	0.24	3.01×10^{-5}	931	385
"Soporte parte 1.par: 8"	"Structural Steel"	Yes	3.0×10^{-2} , 0.11, 0.35	1.48	1.88×10^{-4}	2556	1099

13.1.1

13.1.2 3.1.1. Contact

- "Contact" uses a tolerance of 0.0 for automatic detection.

Table 3.1.1.1. Contact Conditions										
Name	Type	Associated Bodies	Scope	Normal Stiffness	Scope Mode	Behavior	Update Stiffness	Formulation	Thermal Conductance	Pinball Region
"Contact Region"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "banda parte 2.par: 1"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 2"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "banda parte 2-1.par: 1"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 3"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "Rodillo.par: 17"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 4"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "rodillo banda 1.par: 1"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 5"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "rodillo banda 1.par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 6"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "soporte parte 4.par: 1"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 7"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "soporte parte 4.par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 8"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "soporte parte 4.par: 3"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 9"	Bonded	"banda parte 1, 1.par: 1" and "soporte parte 4.par: 4"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 10"	Bonded	"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 1"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 11"	Bonded	"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact"	Bonded	"banda parte 2.par: 1" and	Face,	Program	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program	Program

<i>Region 12"</i>		<i>"Rodillo.par: 3"</i>	Face	Controlled					Controlled	Controlled
<i>"Contact Region 13"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 4"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 14"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 5"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 15"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 6"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 16"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 7"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 17"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 8"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 18"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 9"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 19"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 10"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 20"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 11"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 21"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 12"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 22"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 13"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 23"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 14"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 24"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 15"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 25"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 16"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 26"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "Rodillo.par: 17"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 27"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2.par: 1" and "soporte parte 2.par: 1"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled

"Contact Region 28"	Bonded	"banda parte 2.par: 1" and "soporte parte 2.par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 29"	Bonded	"banda parte 2.par: 1" and "soporte parte 4.par: 1"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 30"	Bonded	"banda parte 2.par: 1" and "soporte parte 4.par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 31"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 18"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 32"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 19"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 33"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 20"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 34"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 21"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 35"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 22"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 36"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 23"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 37"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 24"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 38"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 25"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 39"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 26"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 40"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 27"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 41"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 28"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 42"	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 29"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact	Bonded	"banda parte 2-1.par: 1" and	Face,	Program	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program	Program

<i>Region 43</i>		<i>"Rodillo.par: 30"</i>	Face	Controlled					Controlled	Controlled
<i>"Contact Region 44"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 31"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 45"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 32"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 46"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 33"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 47"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 34"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 48"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 35"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 49"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 36"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 50"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "Rodillo.par: 37"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 51"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "soporte parte 4.par: 3"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 52"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "soporte parte 4.par: 4"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 53"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "soporte parte 2.par: 3"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 54"</i>	Bonded	<i>"banda parte 2-1.par: 1" and "soporte parte 2.par: 4"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 55"</i>	Bonded	<i>"rodillo banda 1.par: 1" and "soporte parte 4.par: 2"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 56"</i>	Bonded	<i>"rodillo banda 1.par: 2" and "soporte parte 4.par: 4"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 57"</i>	Bonded	<i>"soporte parte 2.par: 1" and "soporte parte 3,2 .par: 1"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
<i>"Contact Region 58"</i>	Bonded	<i>"soporte parte 3,2 .par: 1" and "Soporte parte 1.par: 1"</i>	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled

"Contact Region 59"	Bonded	"soporte parte 3,2 .par: 1" and "Soporte parte 1.par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 60"	Bonded	"soporte parte 3,2 .par: 1" and "soporte parte 2.par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 61"	Bonded	"soporte parte 4.par: 1" and "soporte parte 3,2 .par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 62"	Bonded	"soporte parte 3,2 .par: 2" and "Soporte parte 1.par: 3"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 63"	Bonded	"soporte parte 3,2 .par: 2" and "Soporte parte 1.par: 4"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 64"	Bonded	"soporte parte 3,2 .par: 2" and "soporte parte 4.par: 2"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 65"	Bonded	"soporte parte 4.par: 3" and "soporte parte 3,2 .par: 3"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 66"	Bonded	"Soporte parte 1.par: 5" and "soporte parte 3,2 .par: 3"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 67"	Bonded	"Soporte parte 1.par: 6" and "soporte parte 3,2 .par: 3"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 68"	Bonded	"soporte parte 4.par: 4" and "soporte parte 3,2 .par: 3"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 69"	Bonded	"soporte parte 2.par: 3" and "soporte parte 3,2 .par: 4"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 70"	Bonded	"soporte parte 3,2 .par: 4" and "Soporte parte 1.par: 7"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 71"	Bonded	"soporte parte 3,2 .par: 4" and "soporte parte 2.par: 4"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled
"Contact Region 72"	Bonded	"soporte parte 3,2 .par: 4" and "Soporte parte 1.par: 8"	Face, Face	Program Controlled	Automatic	Symmetric	Never	Pure Penalty	Program Controlled	Program Controlled

13.1.3 3.1.2. Mesh

- "Mesh", associated with "Model" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 373841 nodes and 224792 elements.

No mesh controls specified.

13.23.2. "Environment"

Simulation Type is set to Static

Analysis Type is set to Static Structural

"Environment" contains all loading conditions defined for "Model" in this scenario.

Standard Earth Gravity - Standard Earth Gravity

- Magnitude: 9.81 m/s²
- Vector: [0.0 m/s² x, 0.0 m/s² y, -9.81 m/s² z] in the Global Coordinate System

13.2.1 3.2.1. Structural Loading

Table 3.2.1.1. Structural Loads									
Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Location	Associated Bodies
"Remote Force"	Remote Force	705.2 N	[0.0 N x, 0.0 N y,- 705.2 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A	[-1.13×10 ⁻³ m x,- 0.12 m y,0.47 m z]	"banda parte 2.par: 1" and "banda parte 2- 1.par: 1"

13.2.2 3.2.2. Structural Supports

Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector	Associated Bodies
"Fixed Support"	Fixed Surface	1,715.93 N	$[-4.24 \times 10^{-7} \text{ N x}, 7.94 \times 10^{-7} \text{ N y}, -1,715.93 \text{ N z}]$	115.91 N·m	$[-115.87 \text{ N·m x}, -3.08 \text{ N·m y}, -7.2 \times 10^{-2} \text{ N·m z}]$	"Soporte parte 1.par: 1", "Soporte parte 1.par: 2", "Soporte parte 1.par: 3", "Soporte parte 1.par: 4", "Soporte parte 1.par: 5", "Soporte parte 1.par: 6", "Soporte parte 1.par: 7" and "Soporte parte 1.par: 8"

13.33.3. "Solution"

Solver Type is set to Program Controlled

Weak Springs is set to Program Controlled

Large Deflection is set to Off

"Solution" contains the calculated response for "Model" given loading conditions defined in "Environment".

- Thermal expansion calculations use a constant reference temperature of 22.0 °C for all bodies in "Model". Theoretically, at a uniform temperature of 22.0 °C no strain results from thermal expansion or contraction.

13.3.1 3.3.1. Structural Results

Name	Scope	Minimum	Maximum	Minimum Occurs On	Maximum Occurs On	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	All Bodies In "Model"	46.48 Pa	$4.96 \times 10^6 \text{ Pa}$	Soporte parte 1.par: 1	soporte parte 3,2 .par: 2	None
"Maximum Shear Stress"	All Bodies In "Model"	23.94 Pa	$2.6 \times 10^6 \text{ Pa}$	Soporte parte 1.par: 1	soporte parte 3,2 .par: 2	None
"Total"	All Bodies In	0.0 m	1.18×10^{-7}	Soporte parte	banda parte	None

Deformation"	"Model"		⁵ m	1.par: 1	1,1.par: 1	
--------------	---------	--	----------------	----------	------------	--

- Convergence tracking not enabled.

13.3.2 3.3.2. Equivalent Stress Safety

Table 3.3.2.1. Definition	
Name	Stress Limit
"Stress Tool"	Yield strength per material.

Table 3.3.2.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.

13.3.3 3.3.3. Shear Stress Safety

Table 3.3.3.1. Definition		
Name	Shear Limit	Shear Factor
"Stress Tool 2"	Yield strength per material.	0.5

Table 3.3.3.2. Results				
Name	Scope	Type	Minimum	Alert Criteria
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Factor	15.0	None
"Stress Tool 2"	All Bodies In "Model"	Safety Margin	14.0	None

- Convergence tracking not enabled.
-

14 Appendices

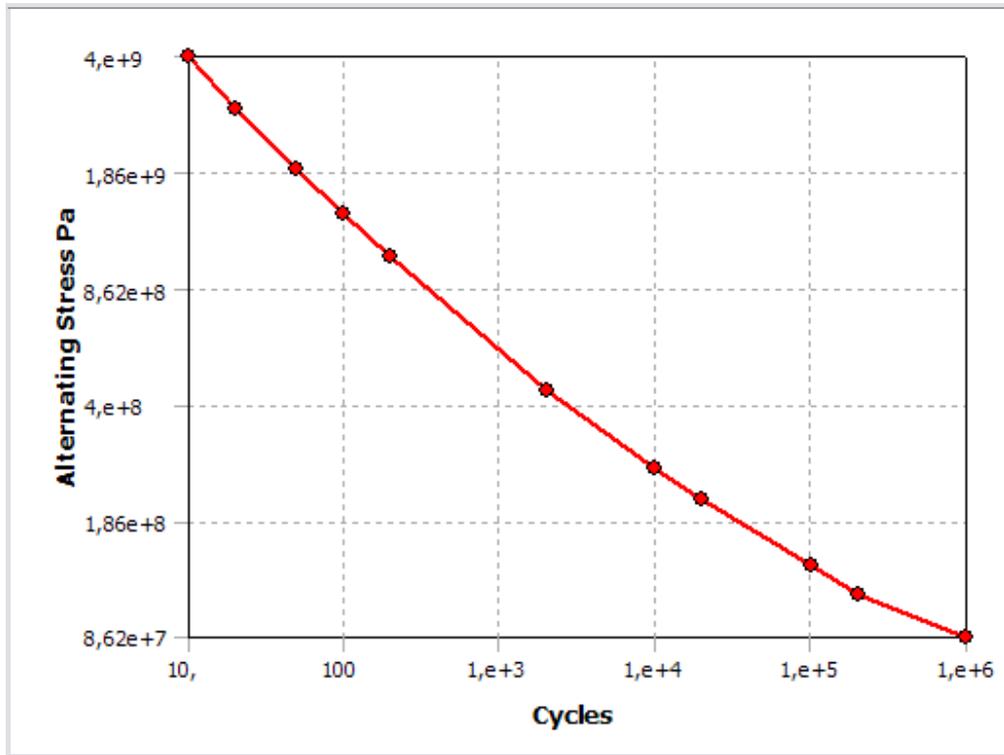
14.1A1. Scenario 1 Figures

No figures to display.

14.2A2. Definition of "Structural Steel"

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.5×10^8 Pa
Density	7,850.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.3
Tensile Yield Strength	2.5×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	4.6×10^8 Pa
Young's Modulus	2.0×10^{11} Pa
Thermal Expansion	1.2×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	434.0 J/kg·°C
Thermal Conductivity	60.5 W/m·°C
Relative Permeability	10,000.0
Resistivity	1.7×10^{-7} Ohm·m

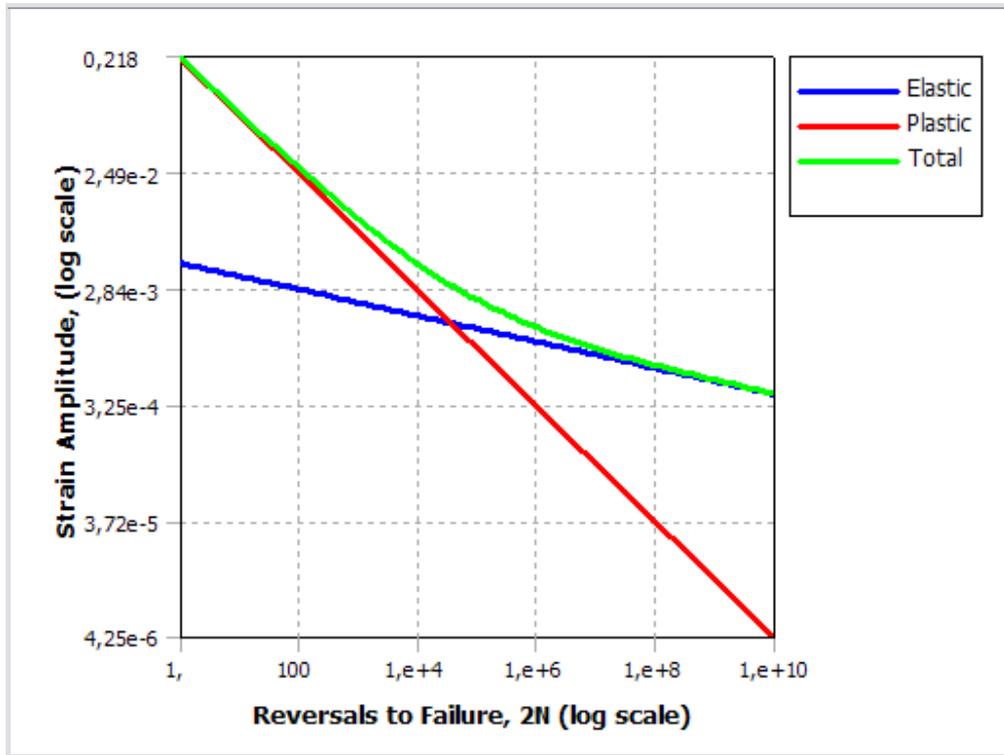
Table A2.2. Alternating Stress



Mean Value 0.0

Cycles	Alternating Stress
10.0	4.0 × 10 ⁹ Pa
20.0	2.83 × 10 ⁹ Pa
50.0	1.9 × 10 ⁹ Pa
100.0	1.41 × 10 ⁹ Pa
200.0	1.07 × 10 ⁹ Pa
2,000.0	4.41 × 10 ⁸ Pa
10,000.0	2.62 × 10 ⁸ Pa
20,000.0	2.14 × 10 ⁸ Pa
100,000.0	1.38 × 10 ⁸ Pa
200,000.0	1.14 × 10 ⁸ Pa
1,000,000.0	8.62 × 10 ⁷ Pa

Table A2.4. Strain-Life Parameters



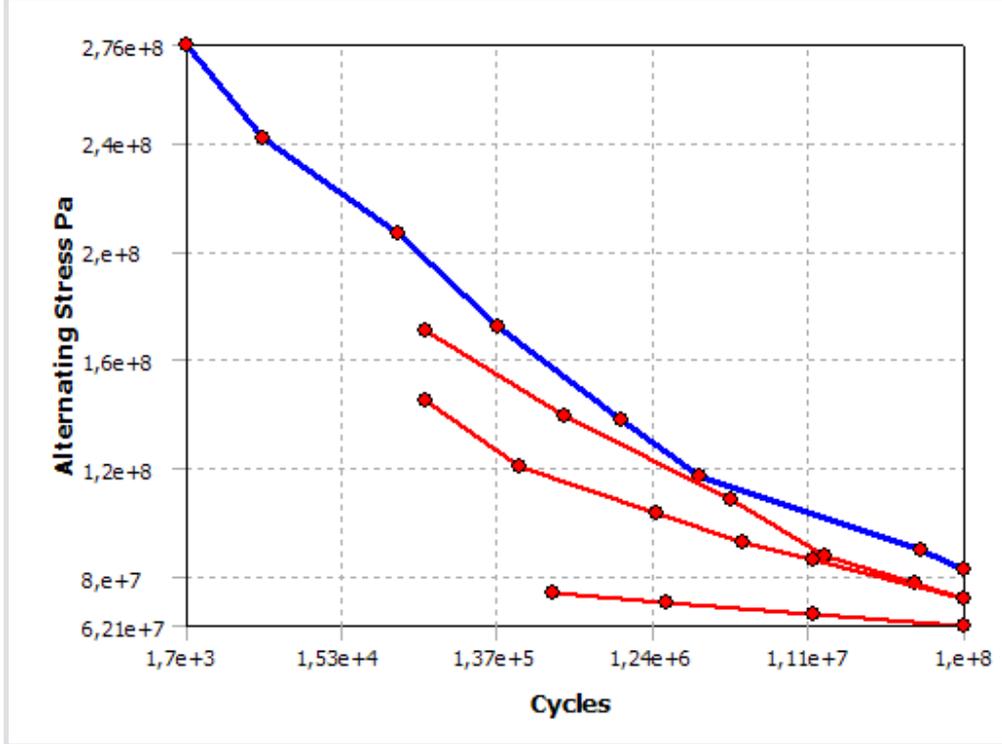
Strength Coefficient	9.2×10^8 Pa
Strength Exponent	-0.11
Ductility Coefficient	0.21
Ductility Exponent	-0.47
Cyclic Strength Coefficient	1.0×10^9 Pa
Cyclic Strain Hardening Exponent	0.2

14.3A3. Definition of "Aluminum Alloy"

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.8×10^8 Pa
Density	$2,770.0$ kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.8×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	3.1×10^8 Pa
Young's Modulus	7.1×10^{10} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C

Specific Heat	875.0 J/kg·°C
Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

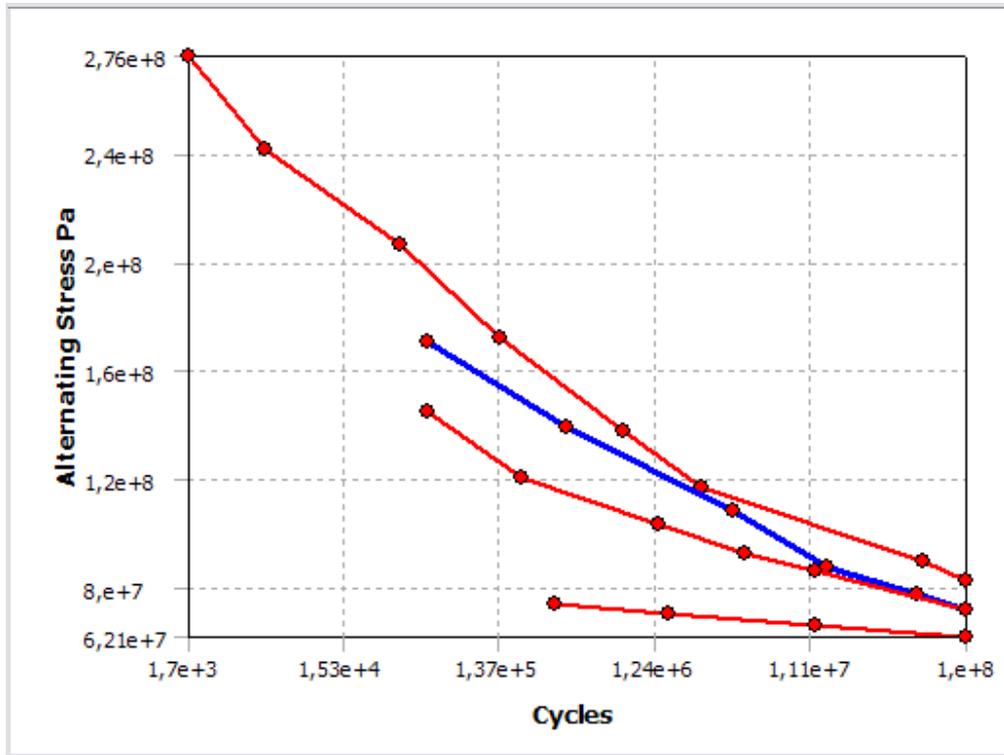
Table A3.2. Alternating Stress



Mean Value -1.0

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10^8 Pa
5,000.0	2.41×10^8 Pa
34,000.0	2.07×10^8 Pa
140,000.0	1.72×10^8 Pa
800,000.0	1.38×10^8 Pa
2.4×10^6	1.17×10^8 Pa
5.5×10^7	8.96×10^7 Pa
1.0×10^8	8.27×10^7 Pa

Table A3.4. Alternating Stress

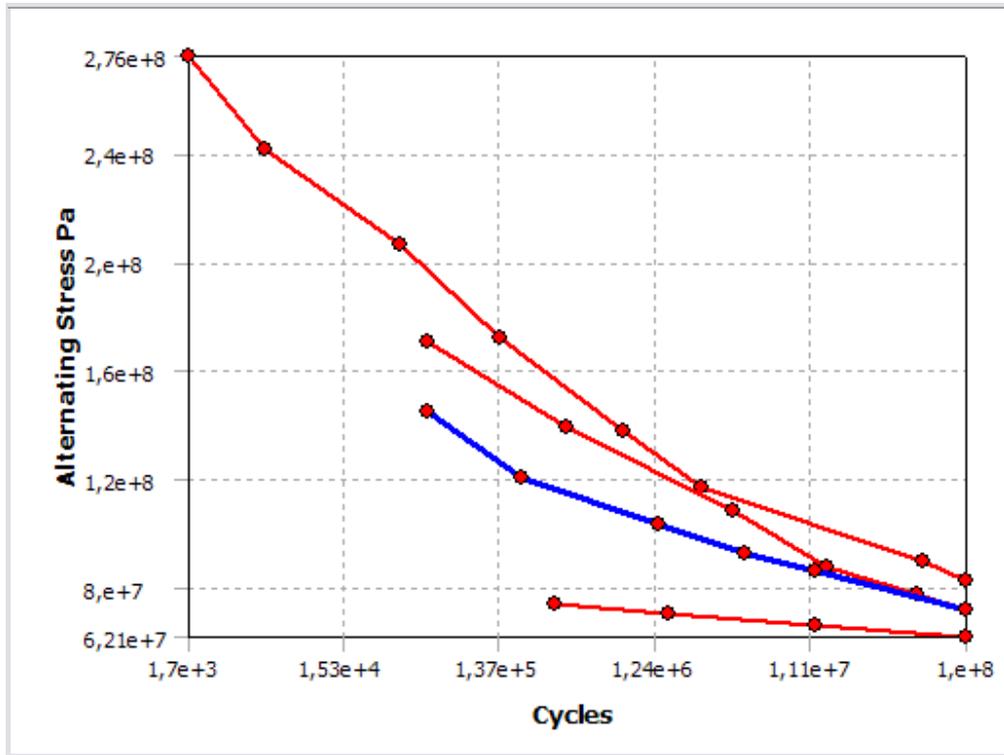


Mean Value -0.5

Table A3.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10^8 Pa
350,000.0	1.4×10^8 Pa
3.7×10^6	1.09×10^8 Pa
1.4×10^7	8.79×10^7 Pa
5.0×10^7	7.76×10^7 Pa
1.0×10^8	7.24×10^7 Pa

Table A3.6. Alternating Stress

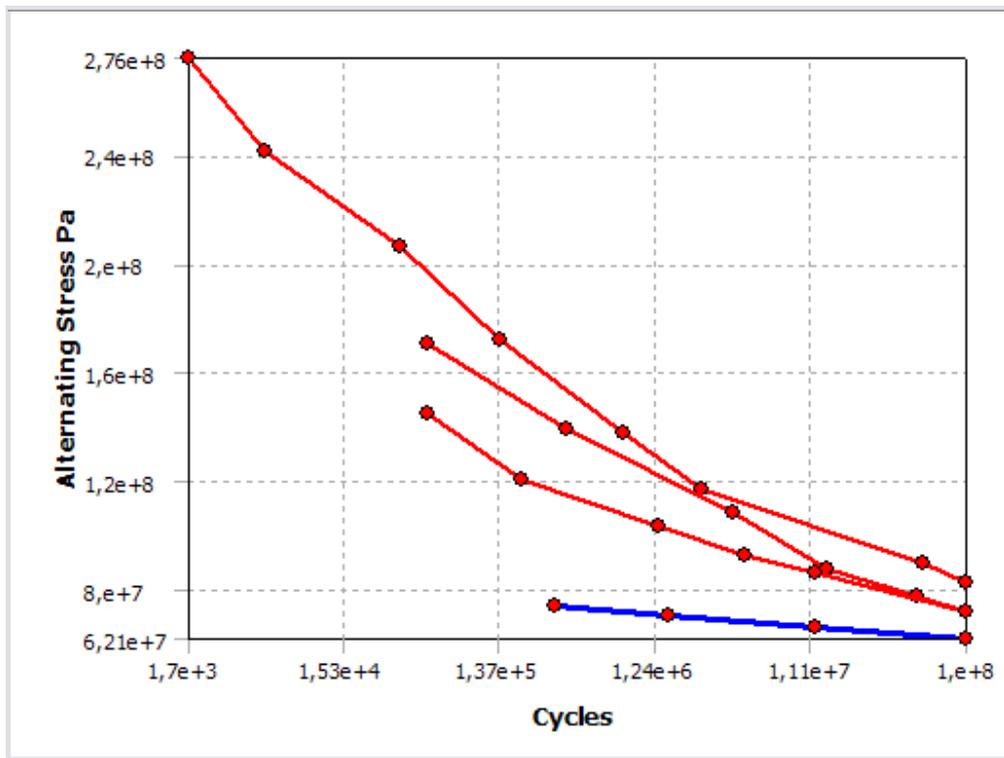


Mean Value 0.0

Table A3.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10^8 Pa
190,000.0	1.21×10^8 Pa
1.3×10^6	1.03×10^8 Pa
4.4×10^6	9.31×10^7 Pa
1.2×10^7	8.62×10^7 Pa
1.0×10^8	7.24×10^7 Pa

Table A3.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A3.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A3.10. Thermal Conductivity

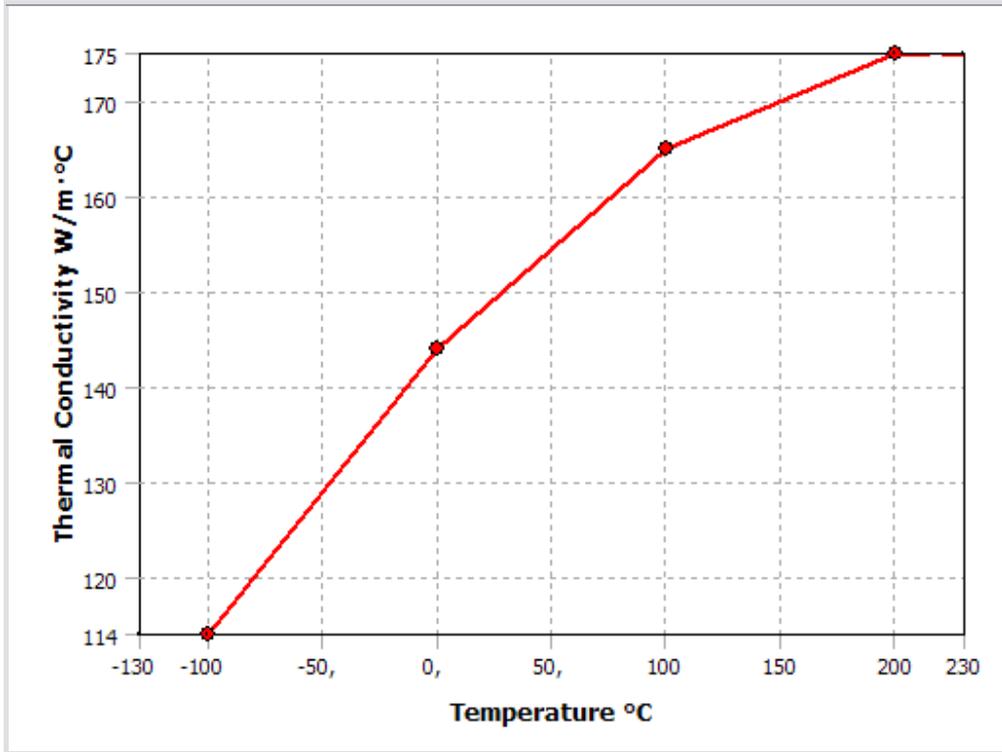


Table A3.11. "Thermal Conductivity"

Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

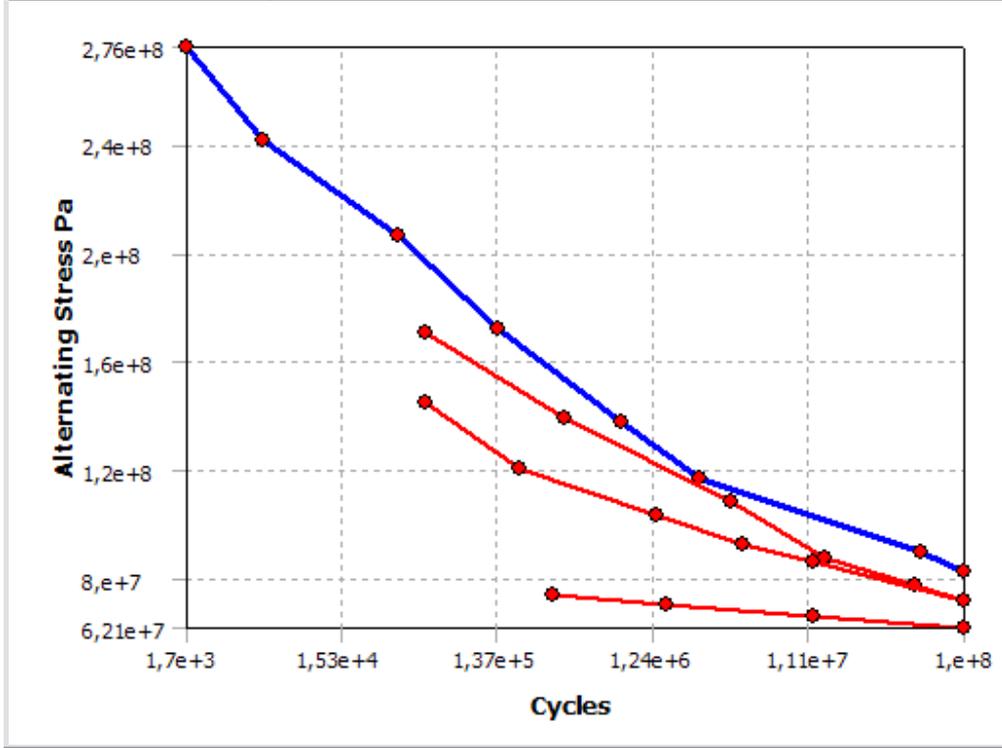
14.4A4. Definition of "Aluminum Alloy 2"

Table A4.1. "Aluminum Alloy 2" Constant Properties

Name	Value
Compressive Ultimate Strength	0.0 Pa
Compressive Yield Strength	2.8×10^8 Pa
Density	2,200.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.33
Tensile Yield Strength	2.8×10^8 Pa
Tensile Ultimate Strength	3.1×10^8 Pa
Young's Modulus	7.1×10^{10} Pa
Thermal Expansion	2.3×10^{-5} 1/°C
Specific Heat	875.0 J/kg·°C

Relative Permeability	1.0
Resistivity	5.7×10^{-8} Ohm·m

Table A4.2. Alternating Stress

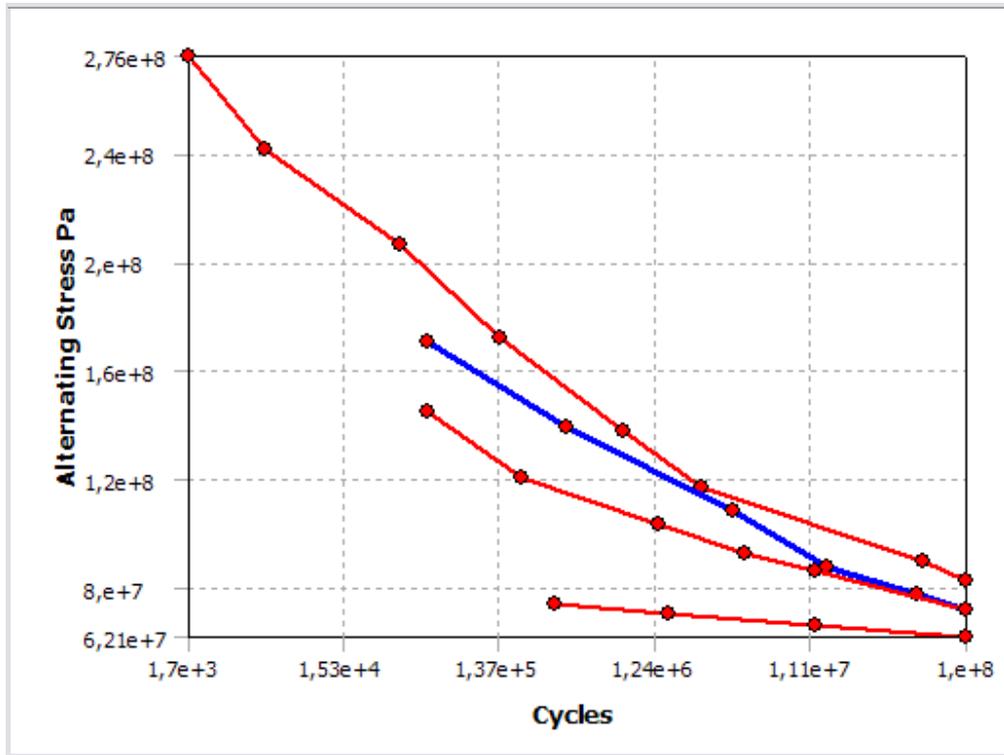


Mean Value -1.0

Table A4.3. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
1,700.0	2.76×10^8 Pa
5,000.0	2.41×10^8 Pa
34,000.0	2.07×10^8 Pa
140,000.0	1.72×10^8 Pa
800,000.0	1.38×10^8 Pa
2.4×10^6	1.17×10^8 Pa
5.5×10^7	8.96×10^7 Pa
1.0×10^8	8.27×10^7 Pa

Table A4.4. Alternating Stress

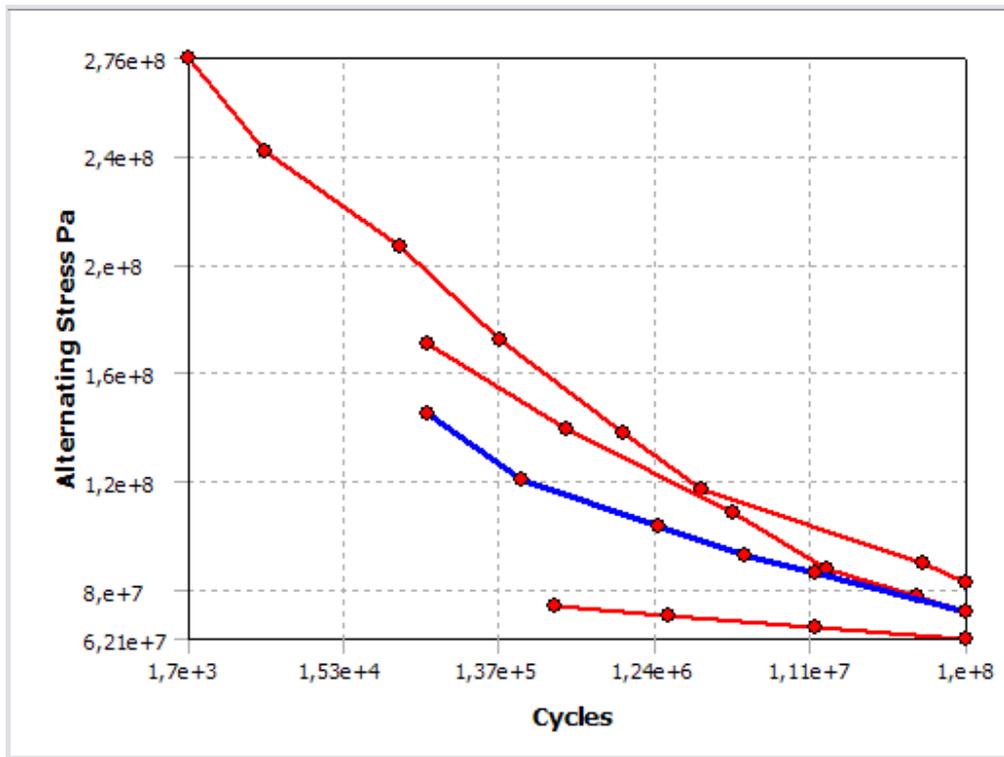


Mean Value -0.5

Table A4.5. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.71×10^8 Pa
350,000.0	1.4×10^8 Pa
3.7×10^6	1.09×10^8 Pa
1.4×10^7	8.79×10^7 Pa
5.0×10^7	7.76×10^7 Pa
1.0×10^8	7.24×10^7 Pa

Table A4.6. Alternating Stress

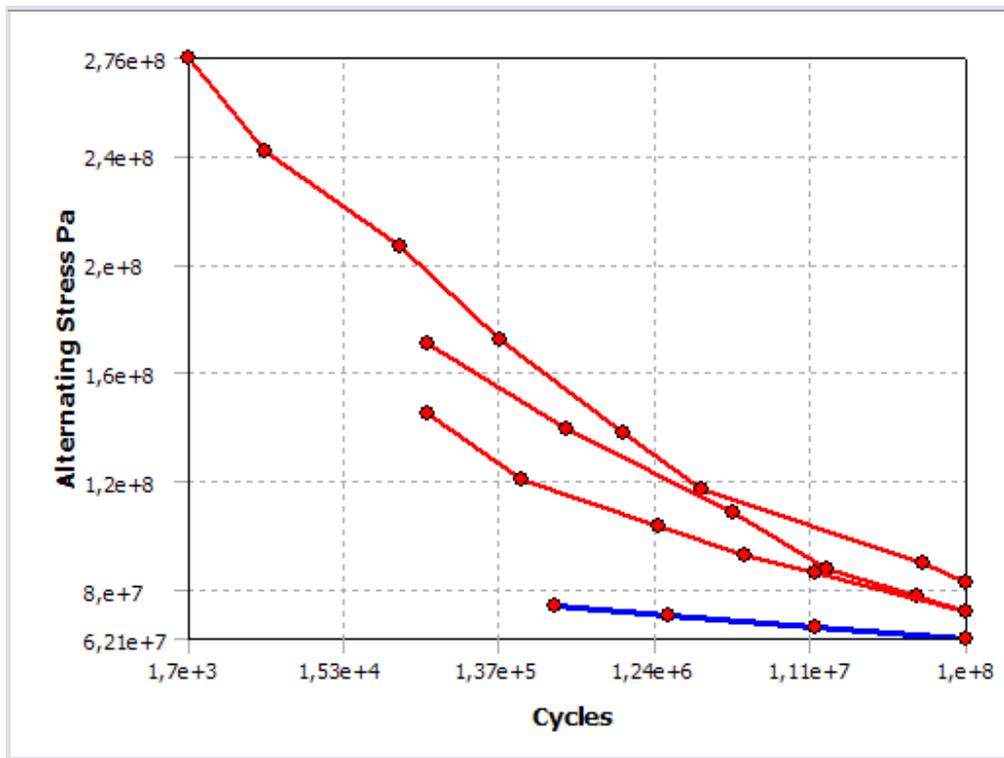


Mean Value 0.0

Table A4.7. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
50,000.0	1.45×10 ⁸ Pa
190,000.0	1.21×10 ⁸ Pa
1.3×10 ⁶	1.03×10 ⁸ Pa
4.4×10 ⁶	9.31×10 ⁷ Pa
1.2×10 ⁷	8.62×10 ⁷ Pa
1.0×10 ⁸	7.24×10 ⁷ Pa

Table A4.8. Alternating Stress



Mean Value 0.5

Table A4.9. "Alternating Stress"

Cycles	Alternating Stress
300,000.0	7.41×10^7 Pa
1.5×10^6	7.07×10^7 Pa
1.2×10^7	6.64×10^7 Pa
1.0×10^8	6.2×10^7 Pa

Table A4.10. Thermal Conductivity

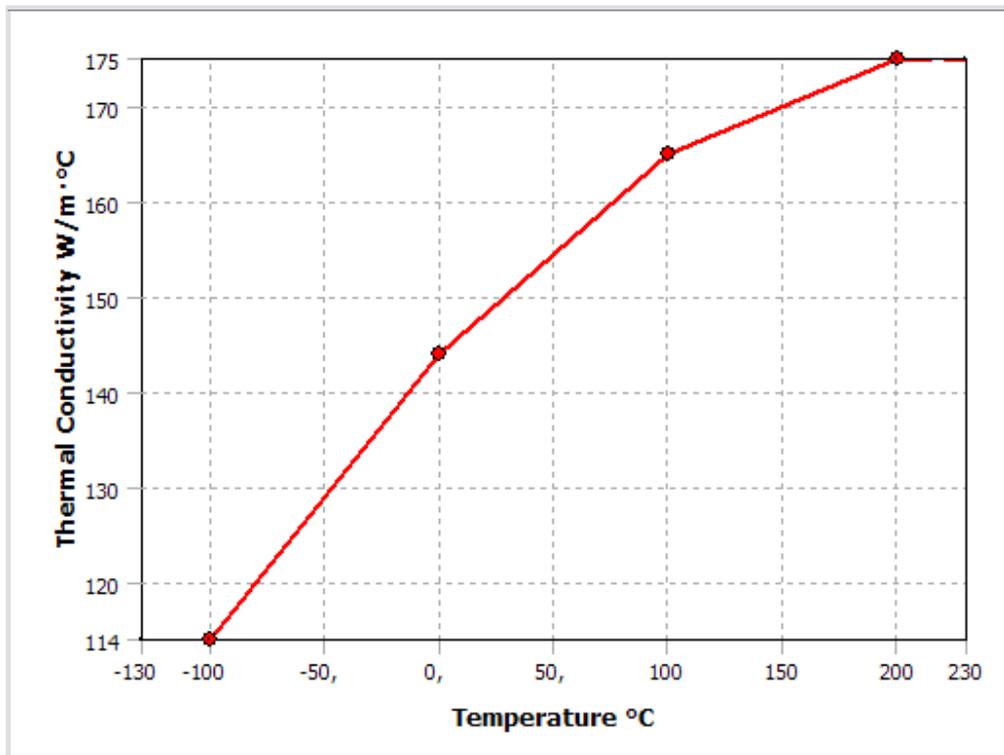


Table A4.11. "Thermal Conductivity"

Temperature °C	Thermal Conductivity W/m·°C
-100.0	114.0
0.0	144.0
100.0	165.0
200.0	175.0

14.5A5. Distributing This Report

The following table lists the files that you need to include for posting this report to an Internet or Intranet web server or for moving this report to a different location. Store all files in the same folder as the HTML page.

This report was originally generated in the folder "*C:\Documents and Settings\MARCO\Datos de programa\Ansys\v100*".

Table A5.1. Files Included In This Report	
File Name	Description
"DSReport.htm"	This HTML page.
"StyleSheet.css"	The Cascading Style Sheet used to format the HTML page.
"AnsCompanyLogo.gif"	The ANSYS image displayed at the top of the title page.
"Table0001.png"	Table A2.2. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0002.png"	Table A2.4. " <i>Strain-Life Parameters</i> " Strain-Life Parameters
"Table0003.png"	Table A3.2. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0004.png"	Table A3.4. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0005.png"	Table A3.6. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0006.png"	Table A3.8. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0007.png"	Table A3.10. " <i>Thermal Conductivity</i> " Thermal Conductivity
"Table0008.png"	Table A4.2. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0009.png"	Table A4.4. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0010.png"	Table A4.6. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0011.png"	Table A4.8. " <i>Alternating Stress</i> " Alternating Stress
"Table0012.png"	Table A4.10. " <i>Thermal Conductivity</i> " Thermal Conductivity

ANEXO C

Manuales de mantenimiento y procedimientos

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	156
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	157
INSTRUCCIONES DE LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA	158
INSTRUCCIONES PREVIAS A LA OPERACIÓN:	158
SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO	159
Sistema de despliegue de cajas	159
Sistema de sellado	160
RUTINAS DE MANTENIMIENTO	161
MANTENIMIENTO EN LA UNIDAD DE TERMOFUNDIDO	161
MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	161

15 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Advertencias generales sobre la operación del equipo:

El mantenimiento eléctrico, neumático, deberá ser realizado por el personal de mantenimiento del área.

Mantener la zona de operación y sus alrededores libres de cajas y/o objetos que puedan incomodar el trabajo del operador de la máquina.

Mantener limpieza en general, para evitar accidentes o lesiones por resbalones.

No manipular de ninguna manera la caja que se encuentra dentro de la maquina, ya que el pegante puede causar quemaduras graves.

No modificar las condiciones de operación del equipo a menos que sea recomendado por el jefe de mantenimiento del área.

No emplear el equipo en aplicaciones para las cuales no fue diseñado.

Se deben leer las instrucciones de operación y mantenimiento de cada elemento (motores, válvulas, cilindros, unidad de termofundido, adhesivo termofundible) antes de cualquier mantenimiento o cualquier reparación.

16 INSTRUCCIONES DE LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

16.1 INSTRUCCIONES PREVIAS A LA OPERACIÓN:

La unidad de termofundido debe encenderse por lo menos 40 minutos antes de que pase la primera caja por la máquina (figura 1 system power), esta operación es para que la unidad alcance a fundir el adhesivo que esta dentro de la unidad para poder aplicarla a la caja.

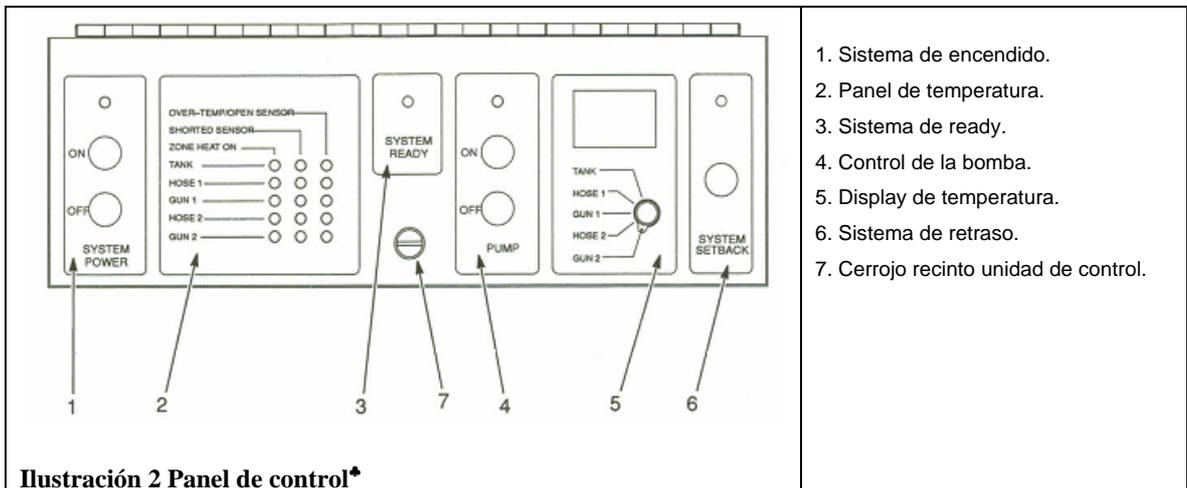
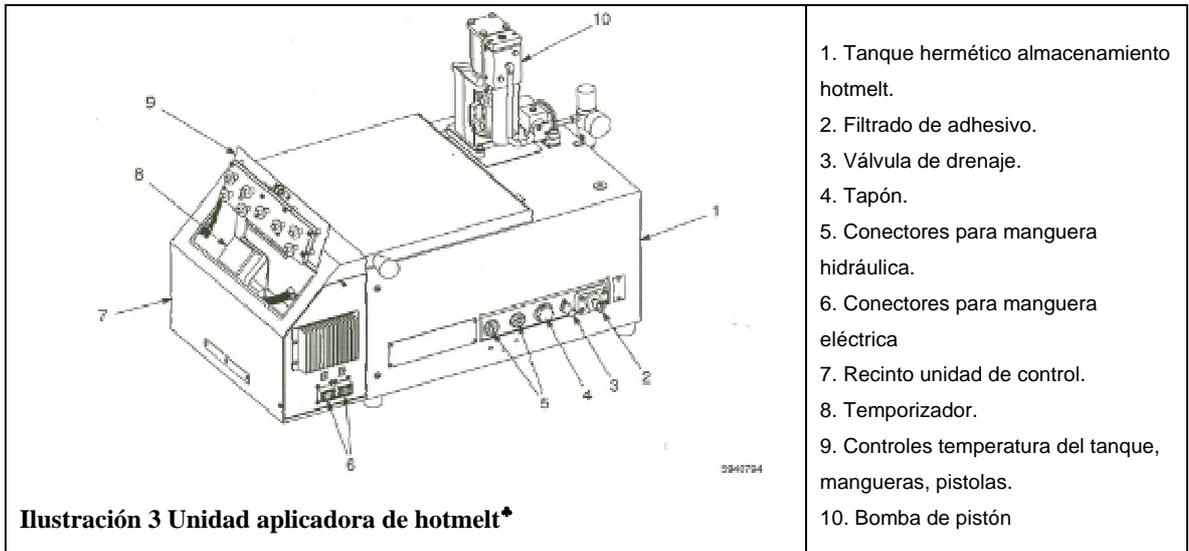


Ilustración 2 Panel de control*

La unidad cuando alcance la temperatura predeterminada del tanque mangueras y pistolas, encenderá el led indicador (figura 1 System Ready), el cual nos indica que a la unidad ya se le puede encender la bomba (botón pump figura 1) para aplicar el pegante a la máquina.

Antes de que la primera caja pase por la máquina, se debe purgar la unidad de termofundido (figura 2 Válvula de drenaje), esto es para expulsar los grumos causados por el recalentamiento del adhesivo.

* Nordson Corporation, Manual de operación unidad termofundible, Serie PA 2520



16.2 SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO

Las cajas vienen por una banda de rodillos vivos, hasta que son detectados por dos sensores ópticos, los cuales nos indican el tamaño de caja que esta entrando a la máquina y activa el variador de ancho de caja si es la caja pequeña y posteriormente enciende en secuencia los actuadores respectivos que rompen las aletas y la posicionan a 90° con respecto a la horizontal, posteriormente la caja pasa a la cama de banda de caucho la cual me transporta la caja por los aplicadores del adhesivo y cierra las pestañas de la caja, la banda vuelve a su posición inicial.

16.2.1 Sistema de despliegue de cajas

En esta parte del proceso, la caja que se dispone a ser sellada llega a la maquina con unos seguros que mantienen las pestañas a 270° para que de esta manera

* Nordson Corporation, Catalogo de productos, Unidades termofundibles

no se enreden en el recorrido, estas pestañas deben romperse y dejarse a 90° para que después en el siguiente proceso solo sea bajarlas y aplicarle el adhesivo. La caja debe ser frenada, una vez frenada, la caja es censada para saber de que tamaño es; bajara una platina que presionará la caja sobre la banda, cuando la caja se encuentre aprisionada, de la parte inferior de la banda saldrán dos actuadores con unas cuchillas que rozarán la caja y romperán el sello; las cuchillas y la platina vuelven a su posición inicial, haciendo que la caja siga al siguiente paso.

16.2.2 Sistema de sellado

En esta parte de proceso las cajas deben venir con las pestañas anterior y posterior en posición vertical, es decir a 90°, para que en este paso las aletas sean plegadas en forma horizontal para poder aplicar el hotmelt, para esta parte se cuenta con una patada, la cual empujara la aleta posterior y la hará pasar por una guía, en esta guía esta ubicada los aplicadores que disparan el hotmelt, paralelamente a la aplicación del adhesivo las aletas laterales pasan por una lamina la cual guía a estas pestañas para situarlas sobre el pegante que ya fue aplicado sobre las pestañas anterior y posterior.

17 RUTINAS DE MANTENIMIENTO

17.1 MANTENIMIENTO EN LA UNIDAD DE TERMOFUNDIDO

NOTA IMPORTANTE:

CADA VEZ QUE SE DESEE REALIZAR LA PURGA O UN CAMBIO DE MANGUERAS Y/O APLICADORES SE DEBE APAGAR LA BOMBA NEUMATICA DE LA UNIDAD DE TERMOFUNDIDO, OMITIR ESTA INDICACION PUEDE CAUSAR LESIONES GRAVES Y PERMANENTES.

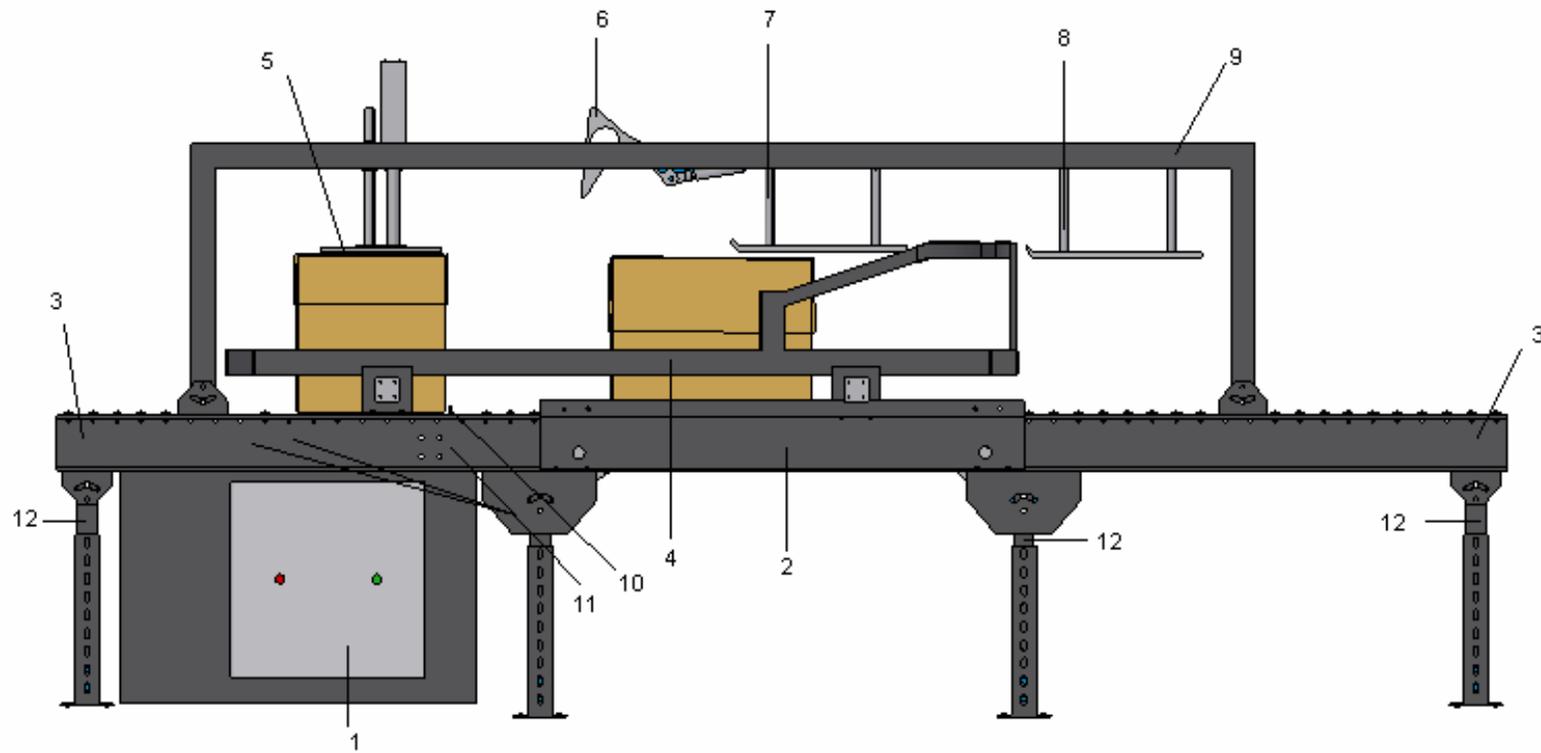
1. Se debe hacer una revisión periódica de la temperatura de cada uno de los componentes (tanque, mangueras, aplicadores), con el objetivo de que poder graduarla antes de la operación.
2. limpiar el tanque de almacenamiento del hotmelt por lo menos una vez al años y/o cada ves que se cambie la referencia del adhesivo. Para esta operación se debe emplear un aditivo especial para las paredes del tanque, se recomienda revisar el manual de mantenimiento del tanque o comunicarse con el proveedor de nordson.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO:

1. Revisar las válvulas por lo menos una vez al año con el objetivo de evaluar su estado para garantizar su confiabilidad y poder programar el recambio

2. con anticipación.
3. Se deben limpiar después de finalizada la operación con la maquina los sensores ópticos, ya que las caja sueltan polvillo y se pueden acumular en los sensores causando señales equivocadas.
4. Calibración de presión del sistema fue diseñado para una presión de operación de 80 psi en todo el sistema menos los actuadores de las cuchillas los cuales manejan 40 psi estas presiones garantizan movimientos correctos de los actuadores neumáticos.
5. mensualmente revisar la lubricación del motoreductor, actuadores, para evitar el desgaste prematuro de las partes.

PARTES DE LA MÁQUINA



1. Tablero de control.
2. Banda de cama deslizante.
3. Banda de rodillos vivos.
4. Guía ancho de caja.
5. Platina.
6. Patada.

7. Soporte de aplicadores y tope.
8. Platina de presión.
9. Estructura techo.
10. Freno.
11. Cuchillas.
12. Soportes bandas.

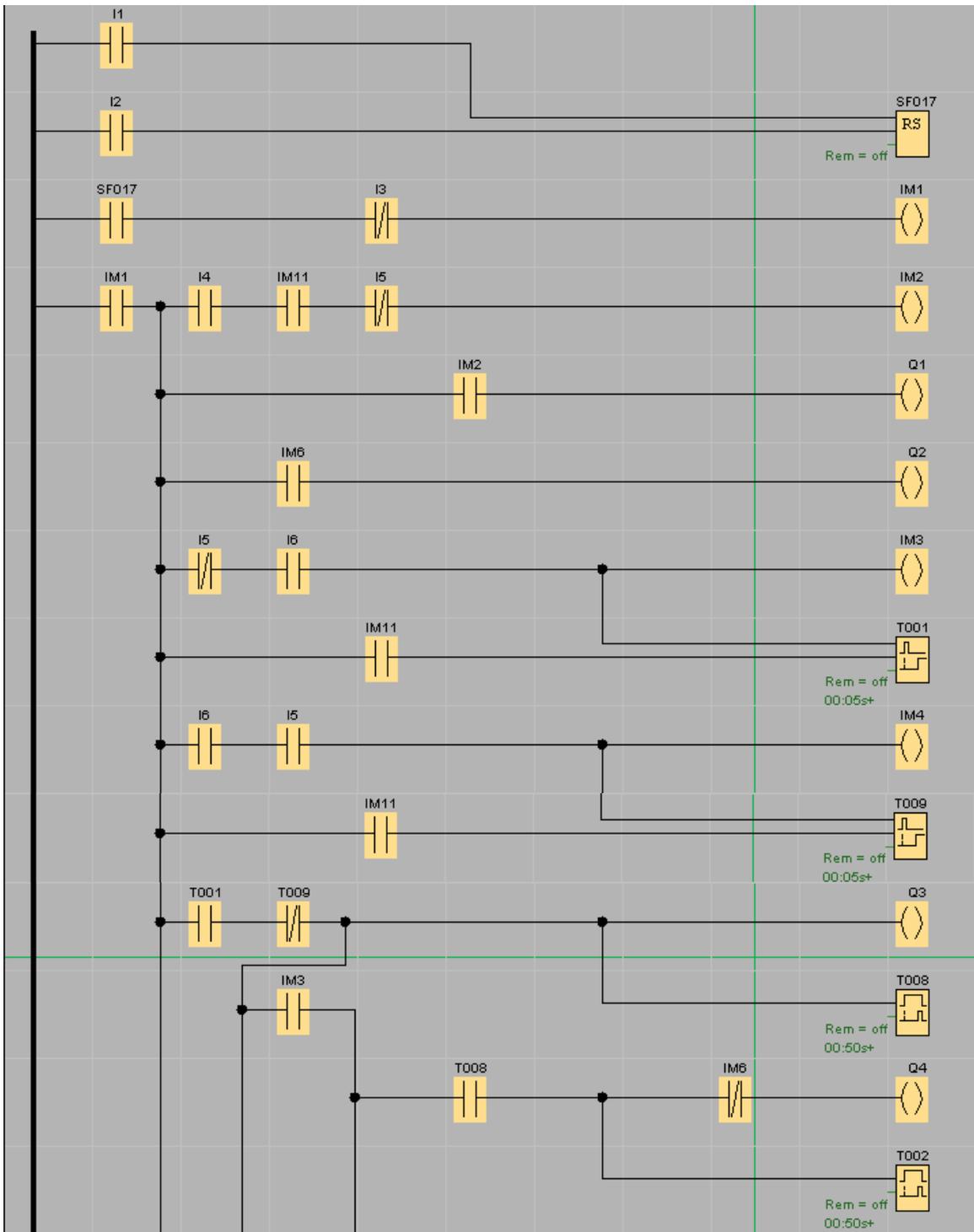
ANEXO D

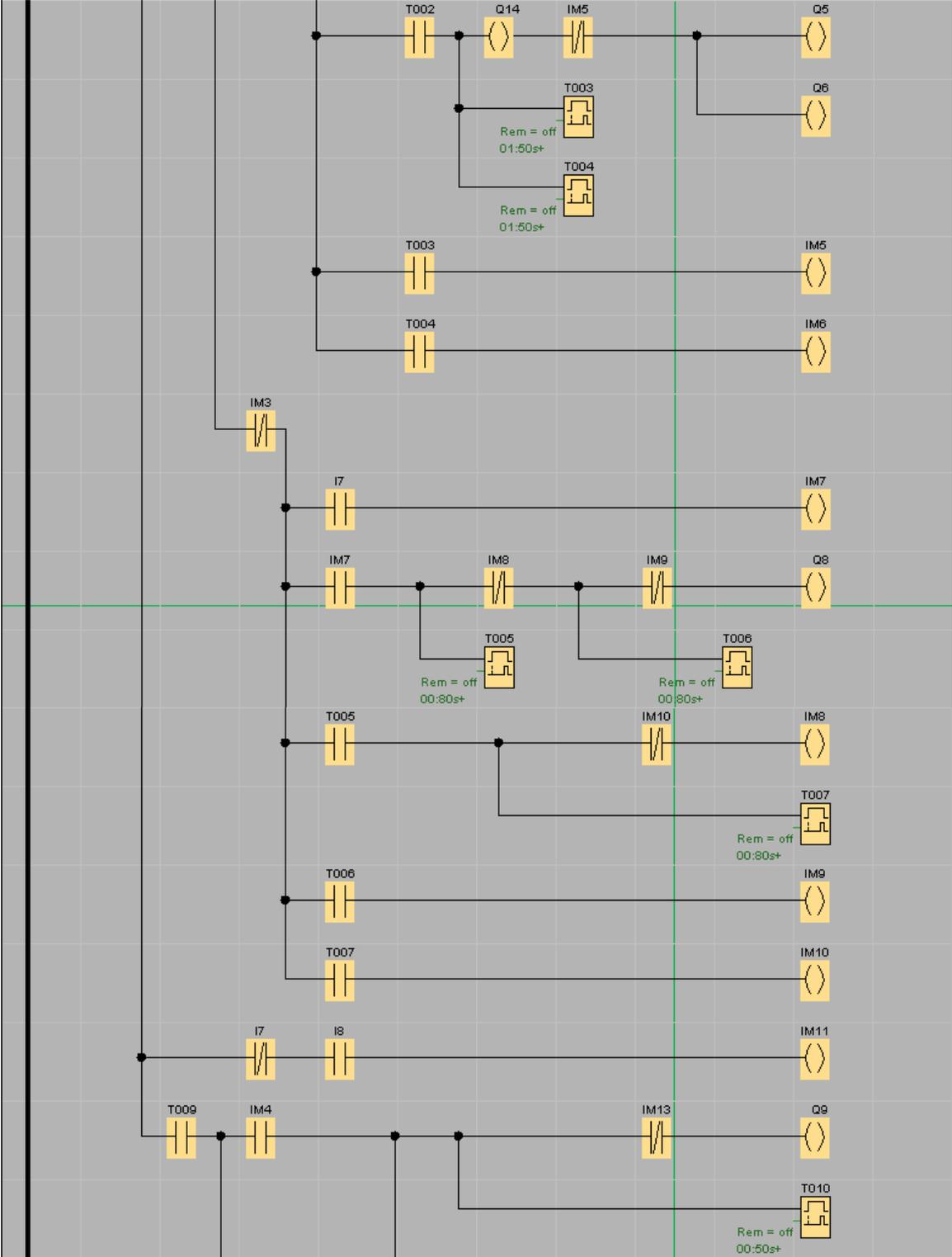
Planos Controlador Lógico Programable PLC

DESCRIPCIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

I1 = Encendido.	M1 = Ctor encendido	Q1 = solenoide freno 1
I2 = Apagado.	M2 = Ctor freno 1	Q2 = solenoide freno 2
I3 = Paro de emergencia.	M3 = Ctor caja pequeña	Q3 = solenoide ancho de caja
I4 = Sensor freno 1.	M4 = Ctor caja grande	Q4 = solenoide platina
I5 = Sensor caja grande.	M5 = Ctor cuchillas	Q5 = solenoide cuchilla común
I6 = Sensor caja pequeña	M6 = Ctor platina	Q6 = solenoide cuchilla caja pequeña
I7 = Sensor pegante.	M7 = Ctor pegante	Q7 = solenoide cuchilla caja grande
I8 = Sensor salida.	M8 = Ctor aplicación 1	Q8 = solenoide válvula pegante
	M9 = Ctor aplicación 2	Q9 = solenoide platina
	M10= Ctor tiempo muerto	Q10 = solenoide cuchilla caja común
	M11 = Ctor salida e inicio	Q11 = solenoide válvula pegante
	M12 = Ctor cuchillas	Q12 = solenoide freno
	M13 = Ctor platina	
	M14 = Ctor pegante	
	M15 = Ctor aplicación 1	
	M16 = Ctor aplicación 2	
	M17 = Ctor tiempo muerto	

Los tiempos para la sección da aplicación de pegante de dependen de la velocidad de la caja y el tiempo de activación del sensor del pegante, el cual es activado solo cuan la caja lo esta atravesando.





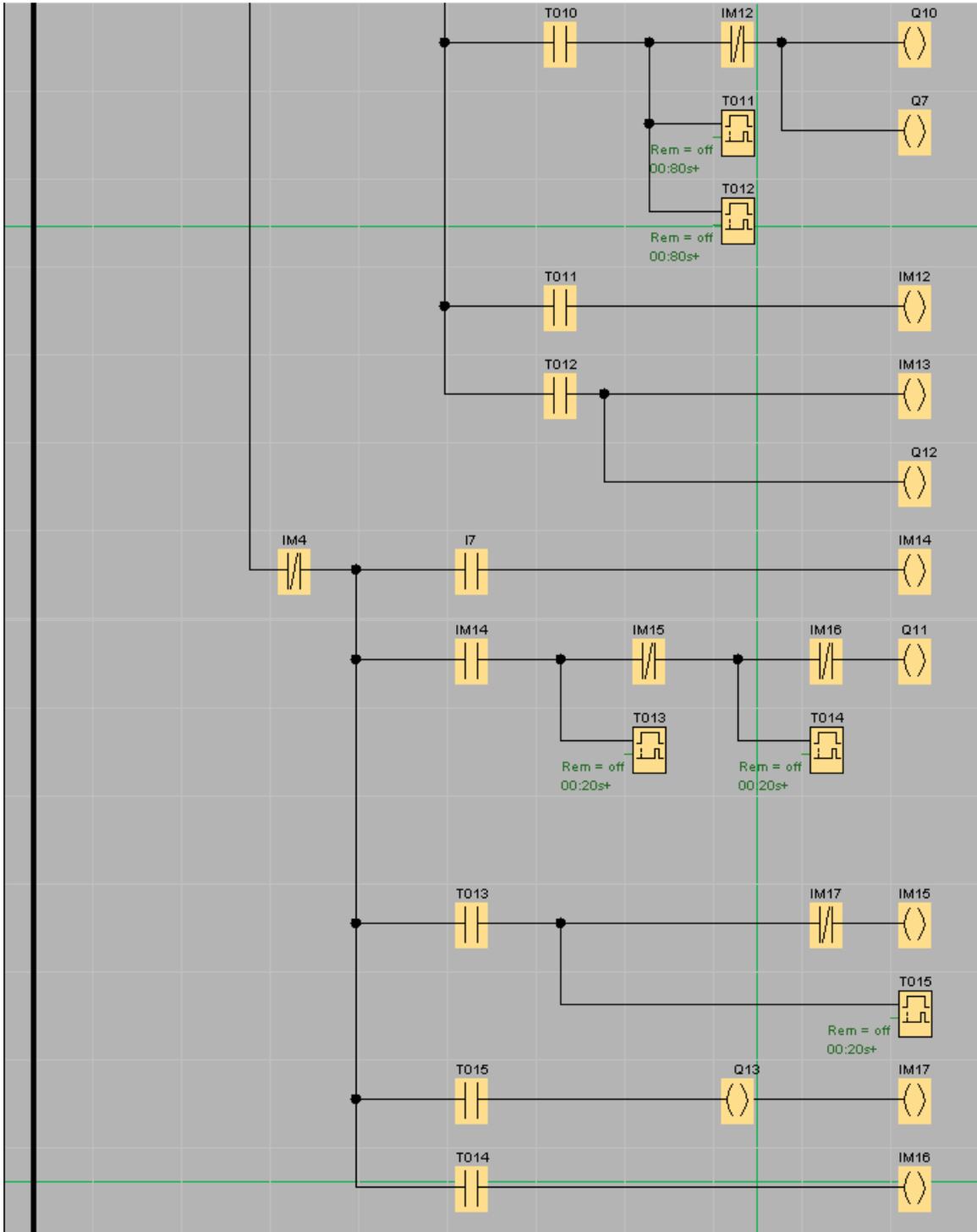
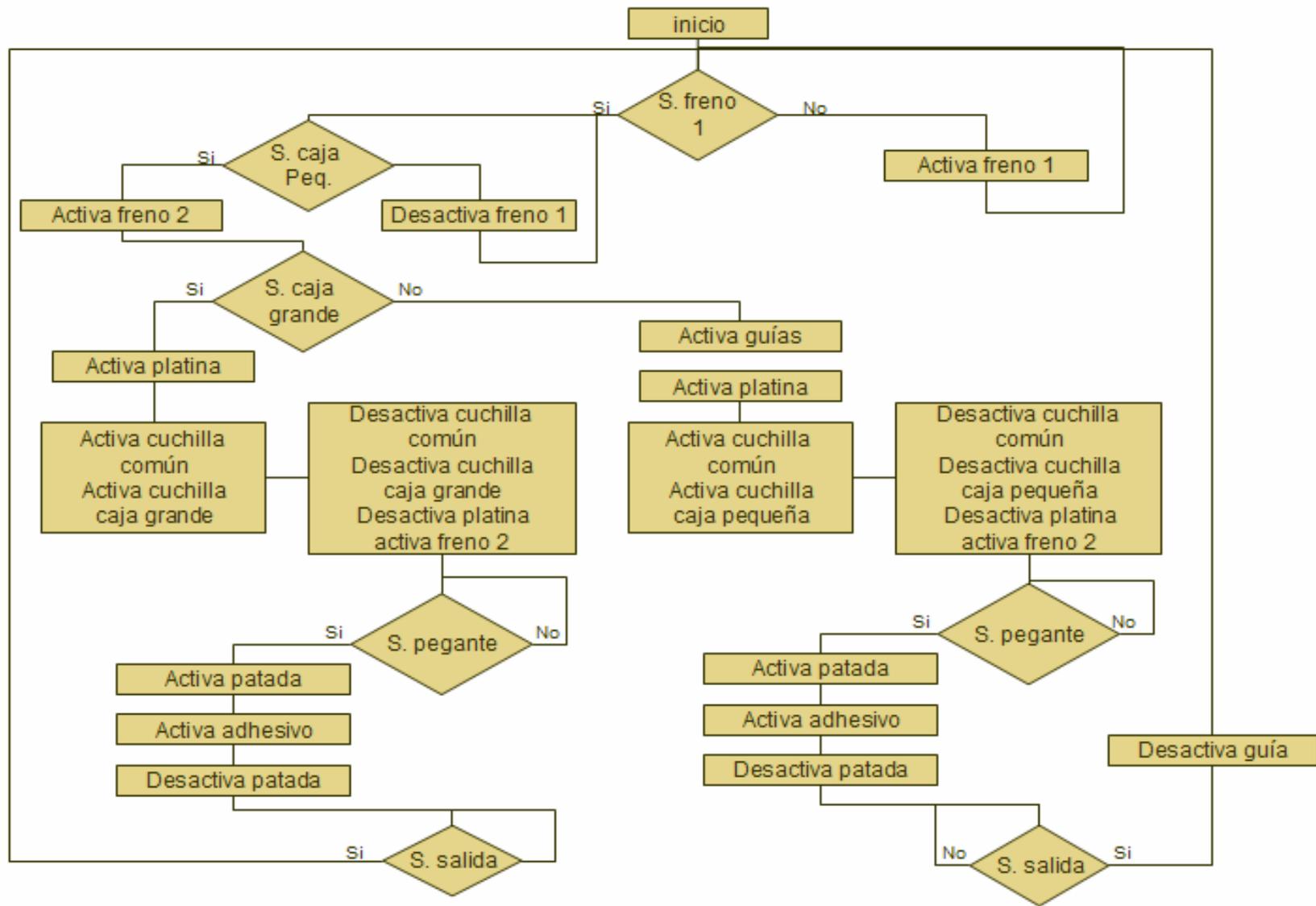


Ilustración 4 Programación en Ladder*

* Creada por los autores

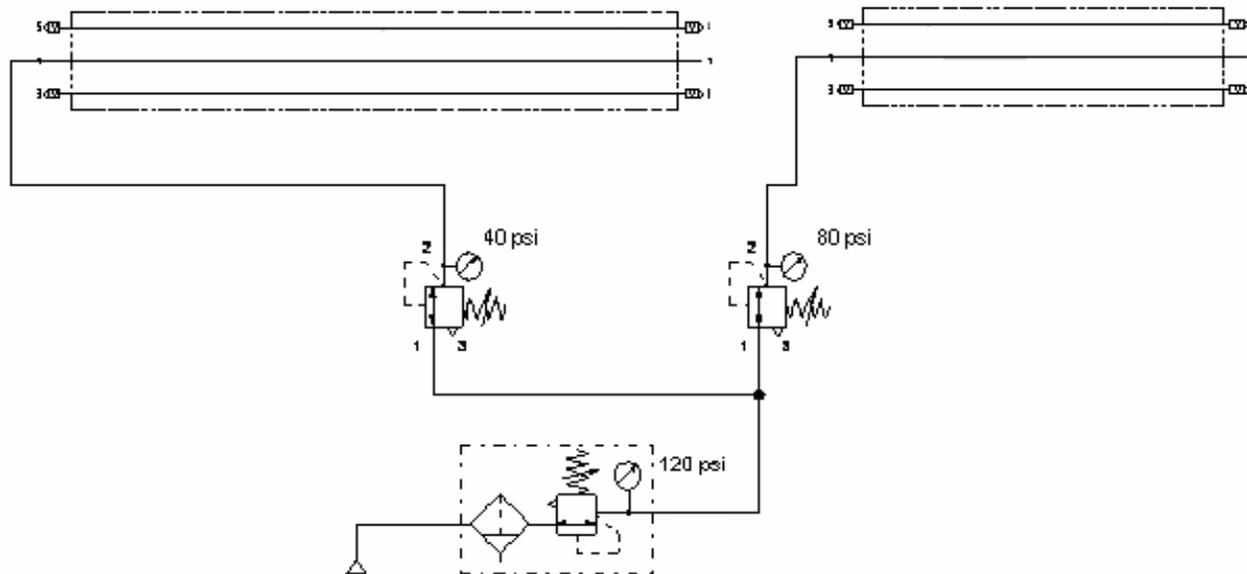


ANEXO E

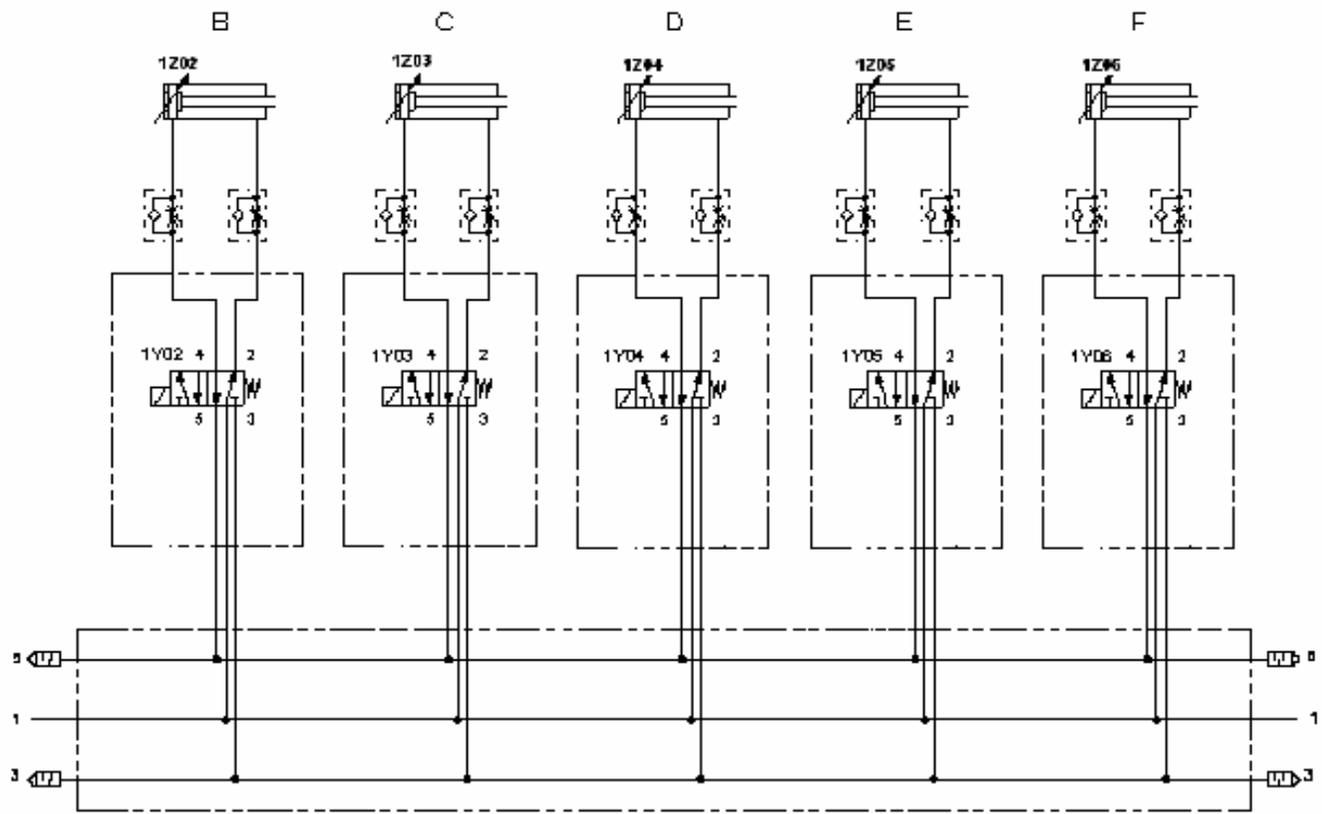
Planos Sistema neumático

IDENTIFICACIÓN DE ACTUADORES PARA PLANOS NEUMÁTICOS

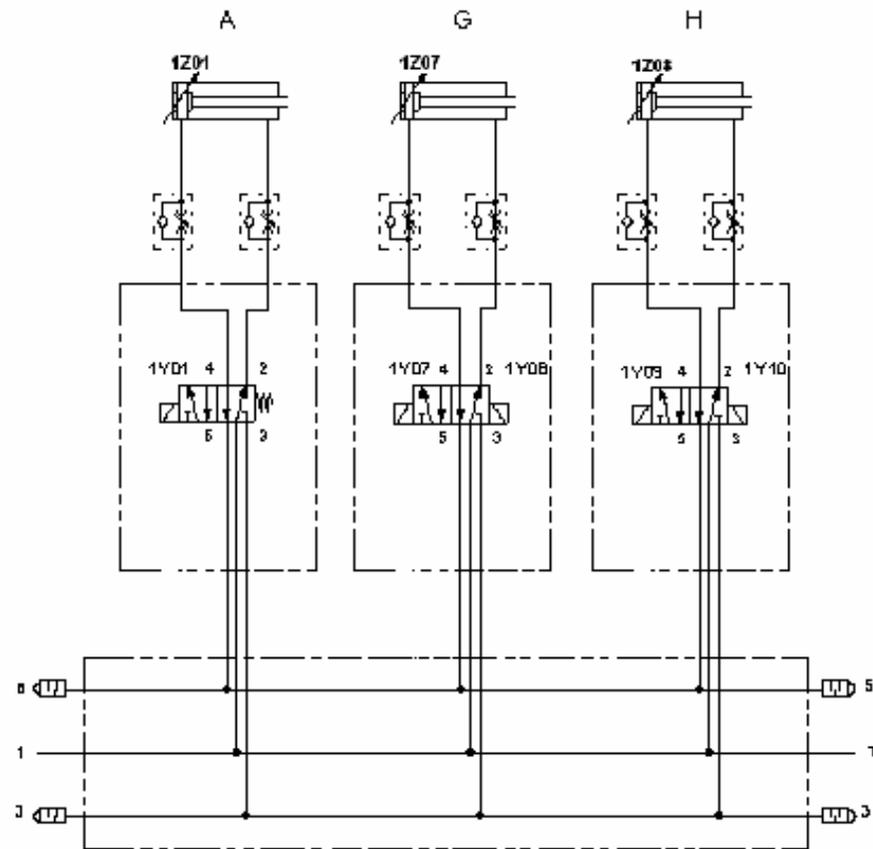
- A. Actuator que presiona la caja a la banda.
- B. Actuator freno 1
- C. Actuator cuchilla caja grande.
- D. Actuator cuchilla caja pequeña.
- E. Actuator cuchilla común.
- F. Actuator freno 2.
- G. Actuator de banda lado derecho.
- H. Actuator de banda lado derecho.



INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 1/3
TÍTULO PLANO NEUMATICO 1			ESCALA	



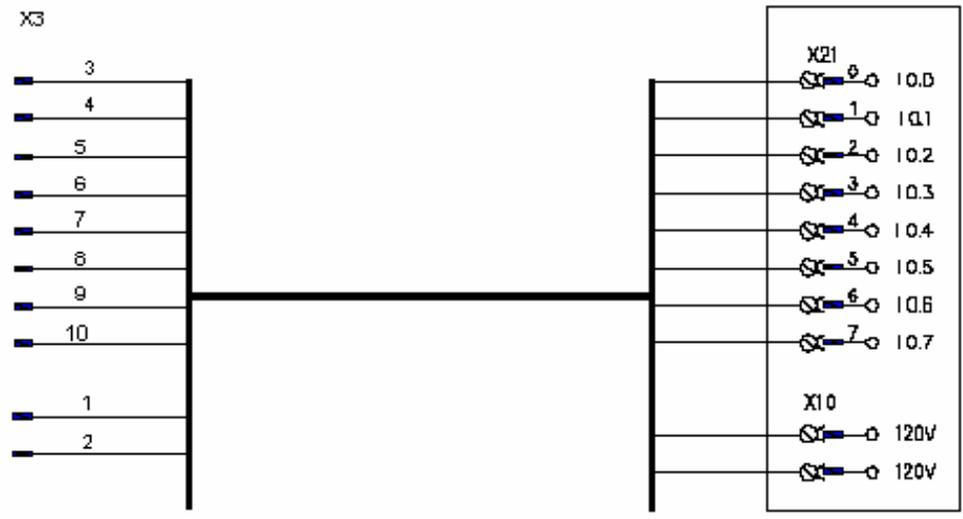
INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 2/3
	TÍTULO PLANO NEUMATICO 2		ESCALA	



INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 3 / 3
	TÍTULO PLANO NEUMATICO 3		Escala	

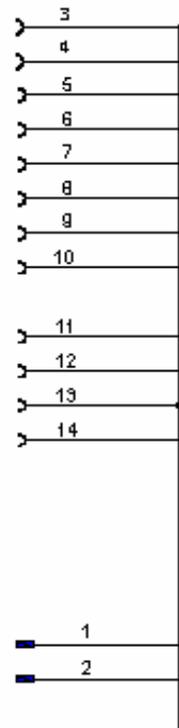
ANEXO F

Planos eléctricos

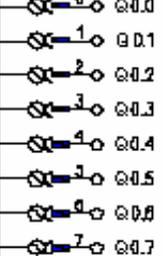


INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLUVIO 1/4
	TÍTULO PLC ENTRADAS		PAGINA	

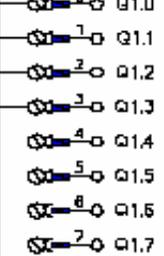
X2



X11A



X12B

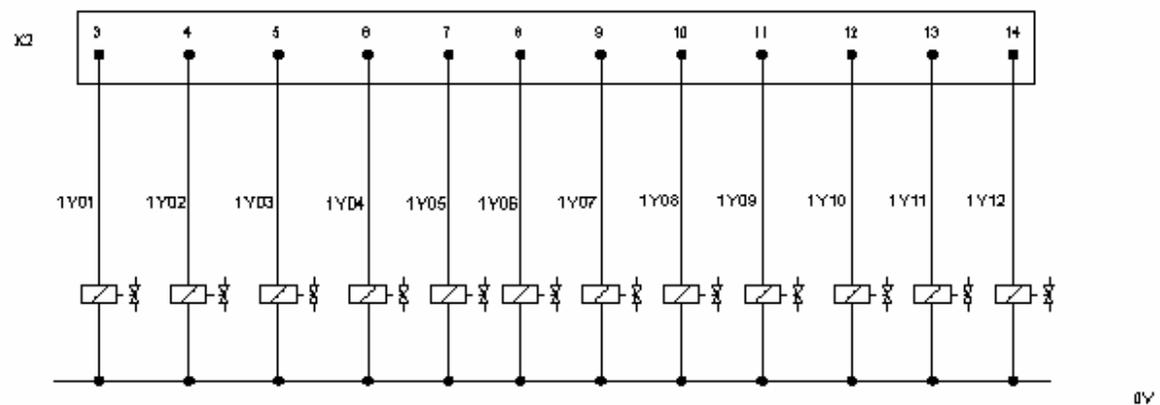


X1D

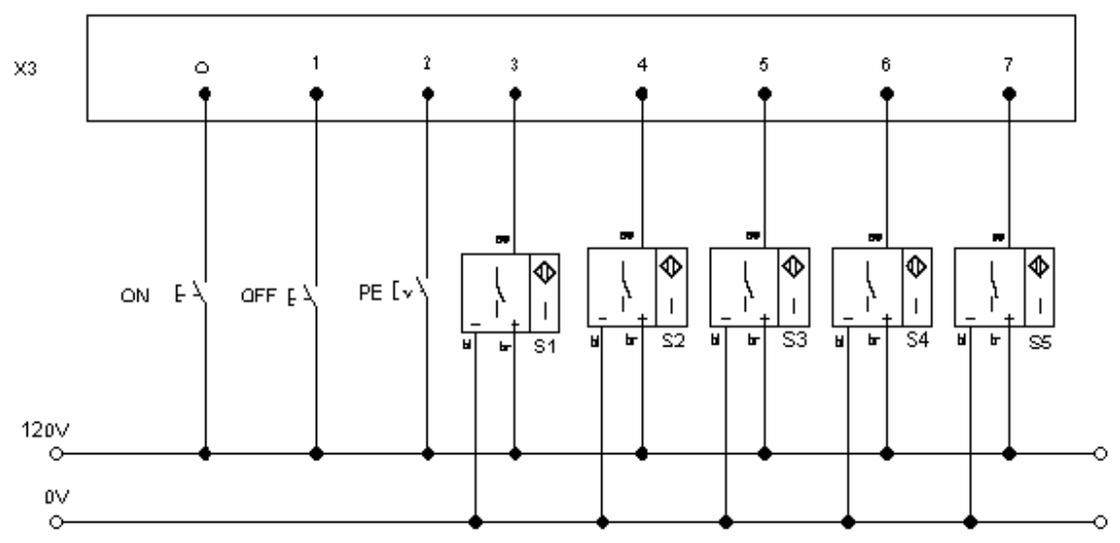


Q

INSTITUCION UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 2/4
	TITULO PLC SALIDAS		PAGINA	



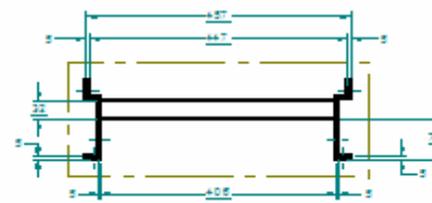
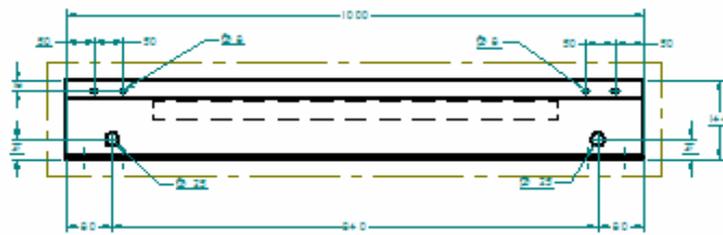
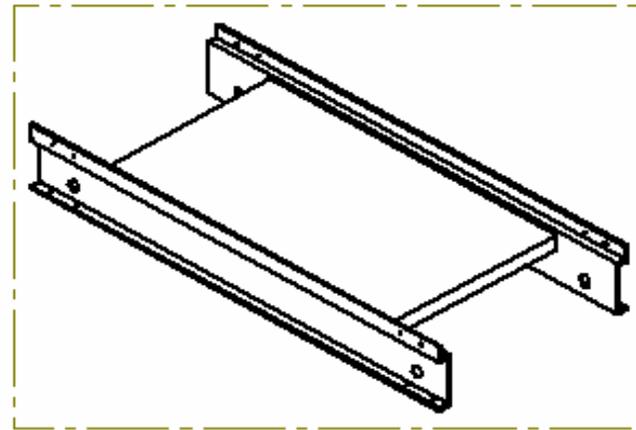
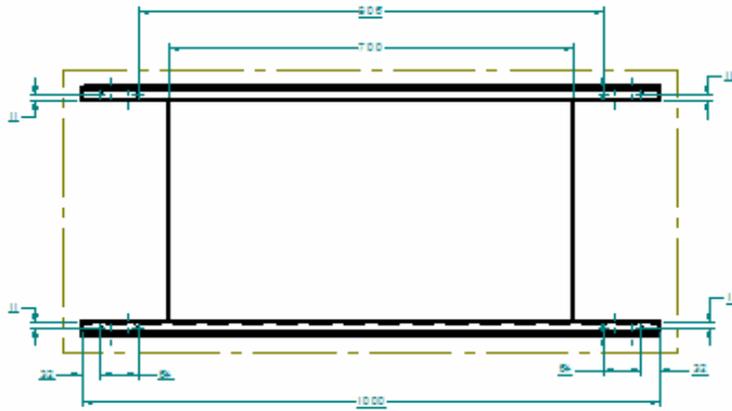
INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO CONEXION SOLENOIDES	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 6 DE 2005 FACULTAD	PÁGINA 3/4
---	--	--	------------------------------------	---------------



INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO CONEXION SENSORES	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005 ESCUELA	PLANO 4/4
---	--	--	-----------------------------------	--------------

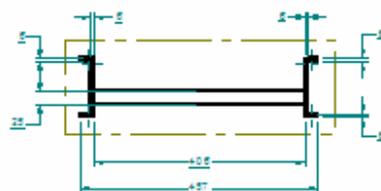
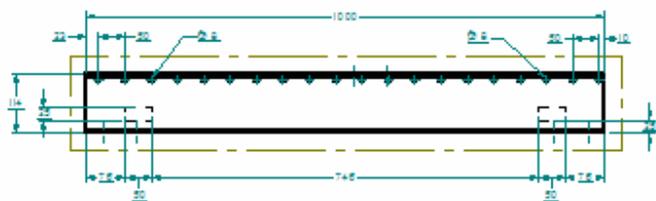
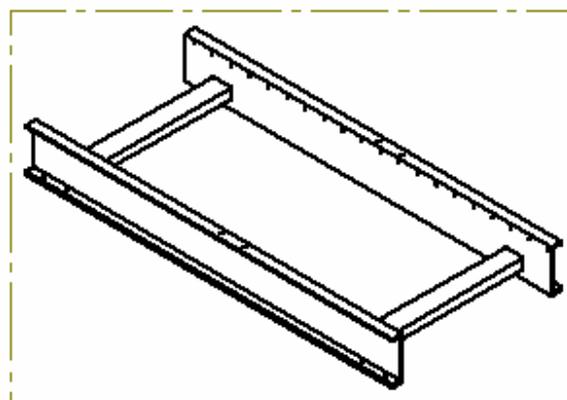
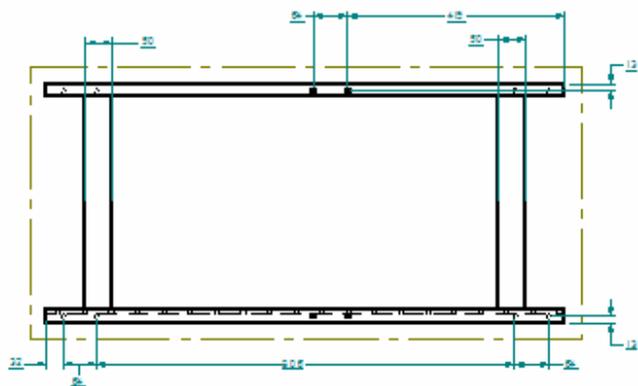
ANEXO G

Planos mecánicos



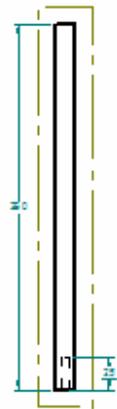
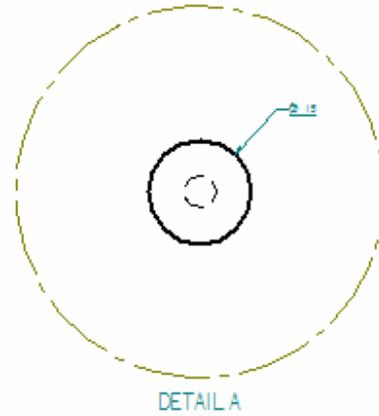
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLAN O 1/28
	TÍTULO BANDA 1			ESCALA 1-5



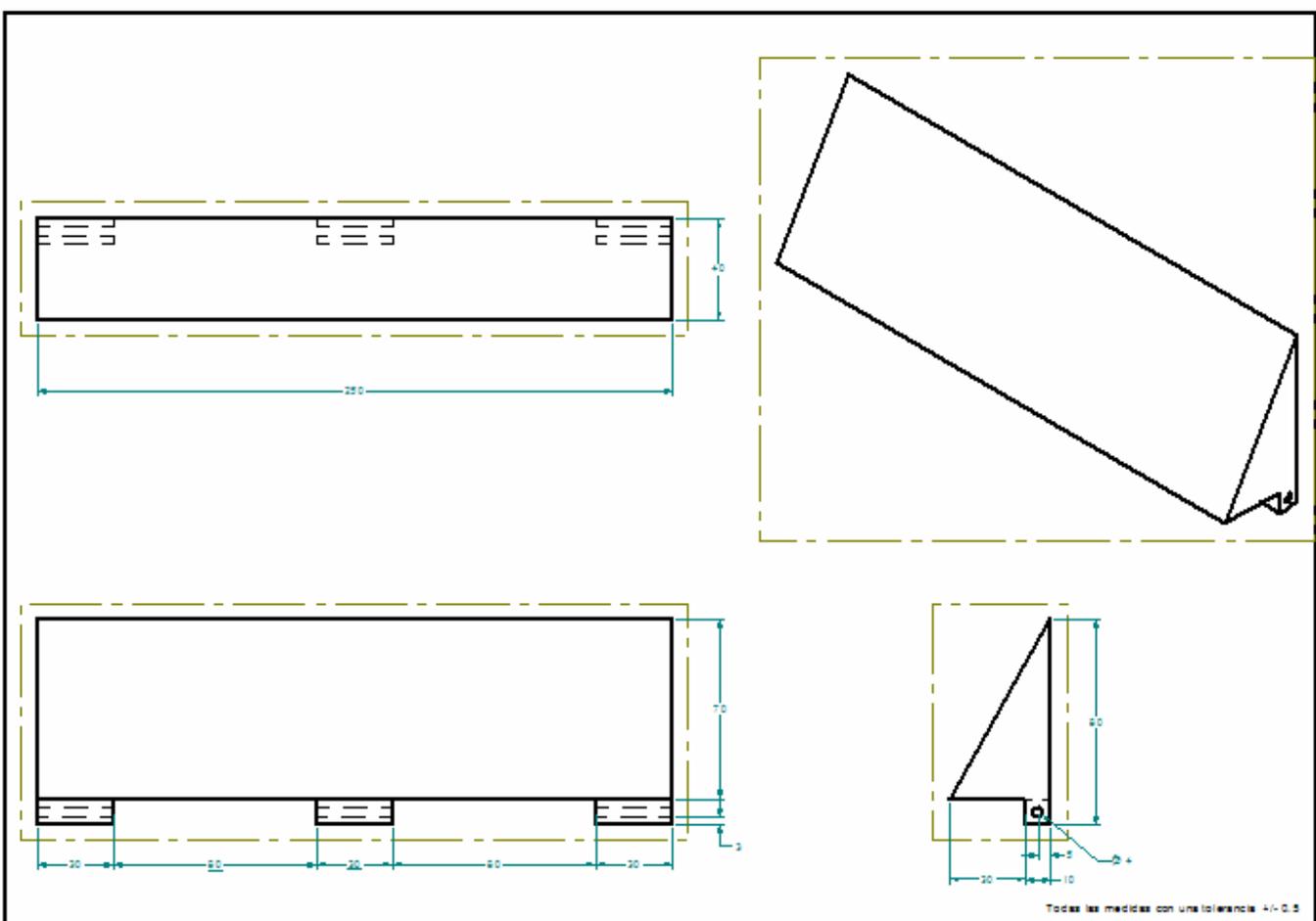
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

Institución UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ		FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 2/28
	TÍTULO BANDA 2			ESCALA 1-5	



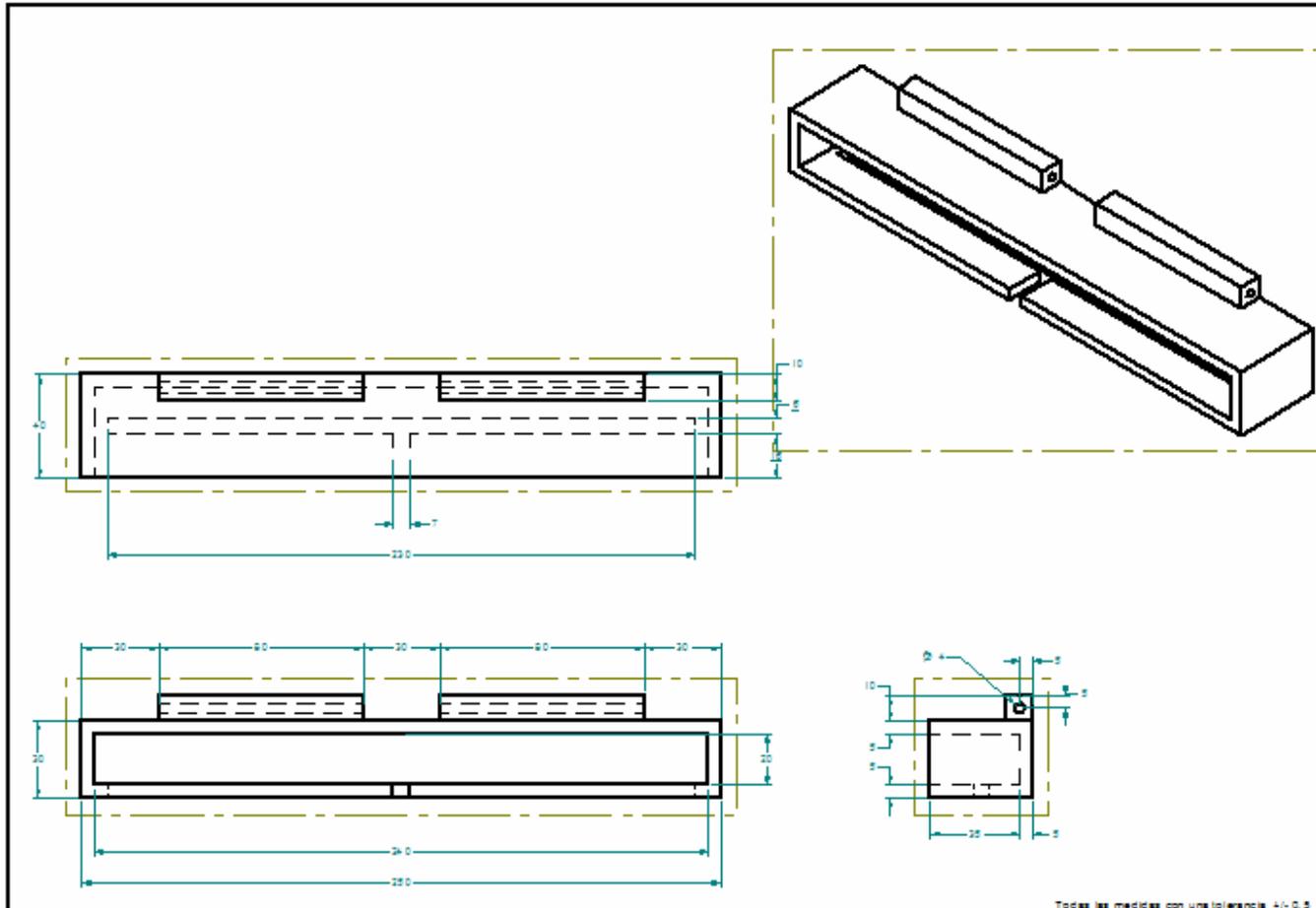
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ		FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 3/28
	TÍTULO GUIA PLATINA			ESCALA 1-2	



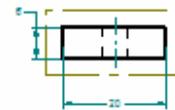
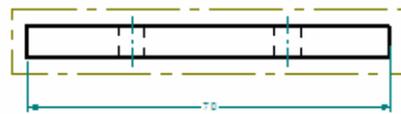
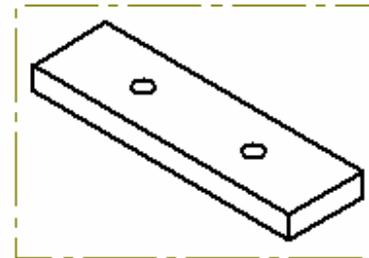
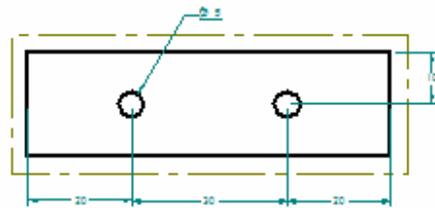
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO CUCHILLA PARTE 1	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 ESCALA 1-2	PLANO 4/28
--	---	--	---	---------------



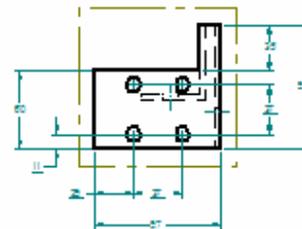
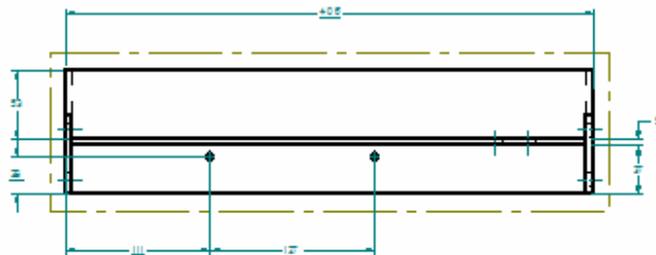
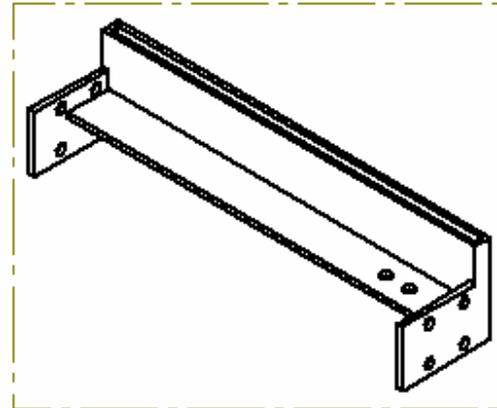
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO CUCHILLA PARTE 2	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DICIEMBRE 8 DE 2005 ESCALA 1-1	PLANO 5/28
---	---	--	---	---------------



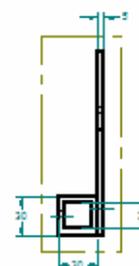
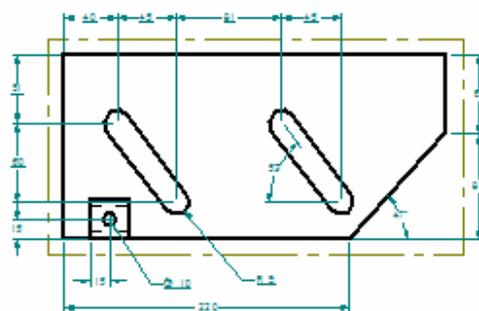
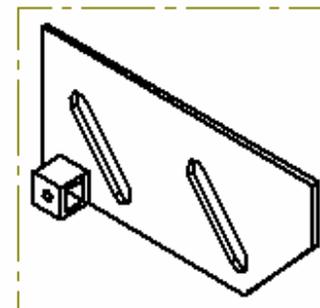
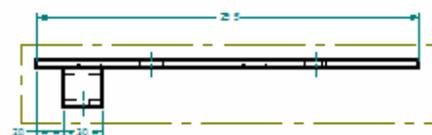
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DICIEMBRE 8 DE 2005	PLANO 6/28
	TÍTULO CUCHILLA PARTE 3		ESCALA 2-1	



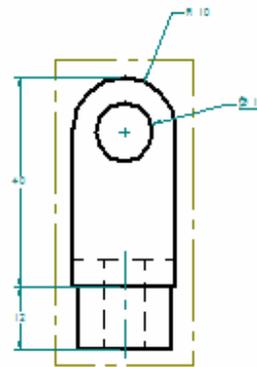
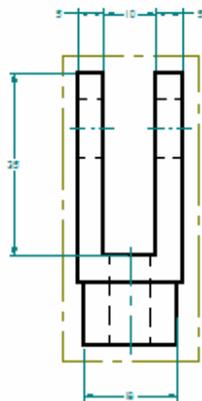
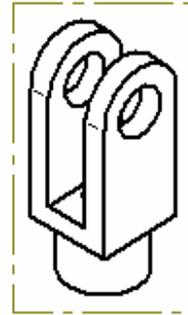
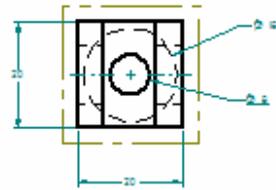
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO FRENO PARTE 1	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ		FECHA DIC 8 DE 2005 ESCALA 1-2	PLANO 7/28
---	--	--	---	---	---------------



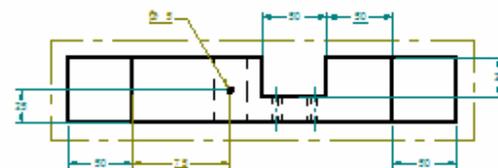
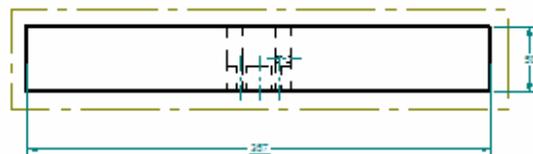
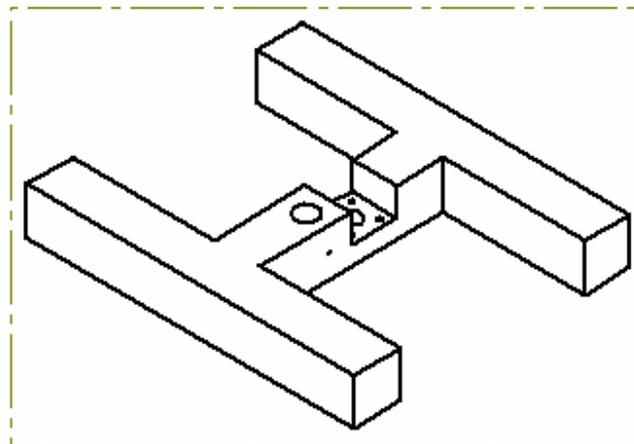
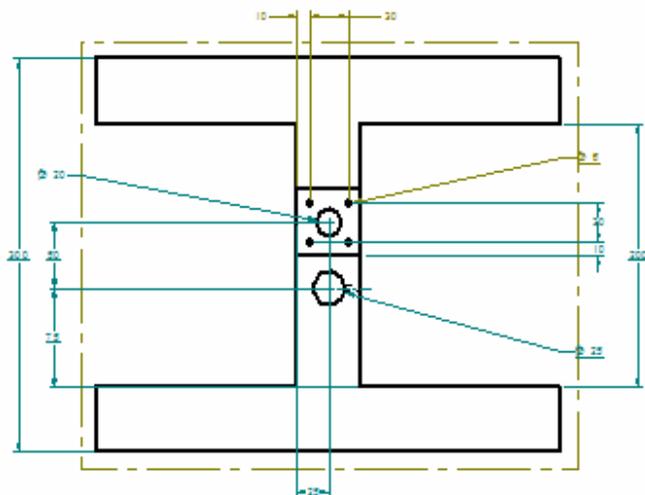
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 8/28
	TÍTULO FRENO PARTE 2		ESCALA 1-2	



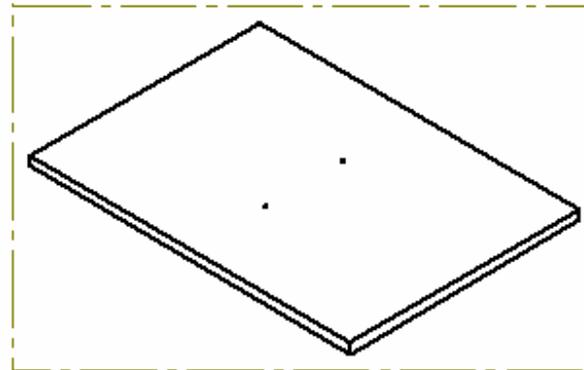
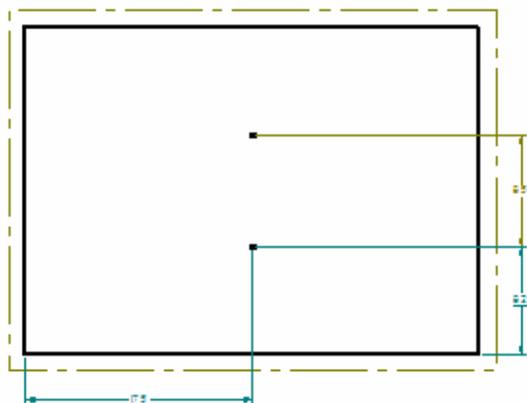
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ		FECHA DICIEMBRE 8 DE 2005	PLANO 9/28
	TÍTULO ORQUILLA			ESCALA 2-1	



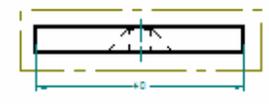
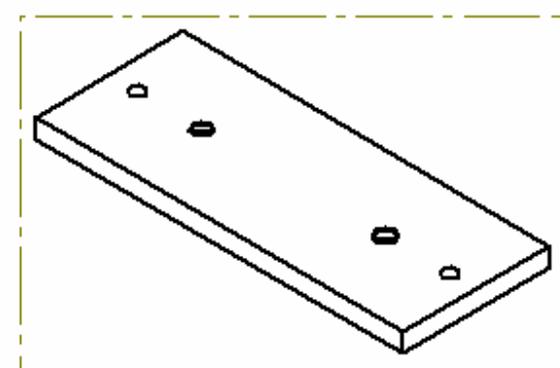
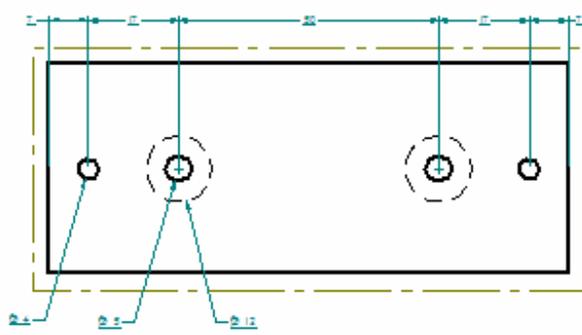
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO SOPORTE PLATINA	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 ESCALA 1-2	PLANO 1 1/28
---	--	--	--	-----------------



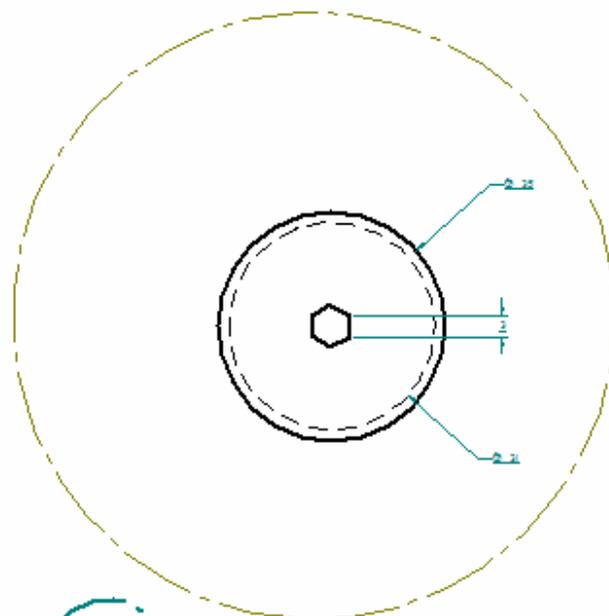
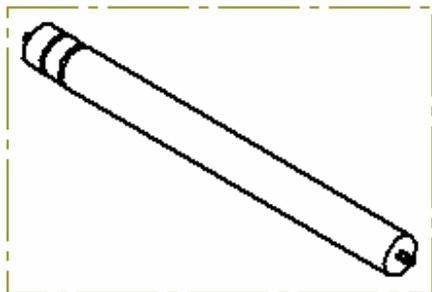
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO
	TÍTULO PLATINA PARTE 1			12/28
			1-2	

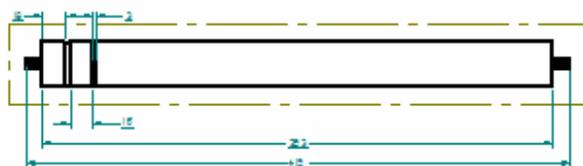


Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ		FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 13/28
	TÍTULO PLATINA PARTE 2			ESCALA 2-1	

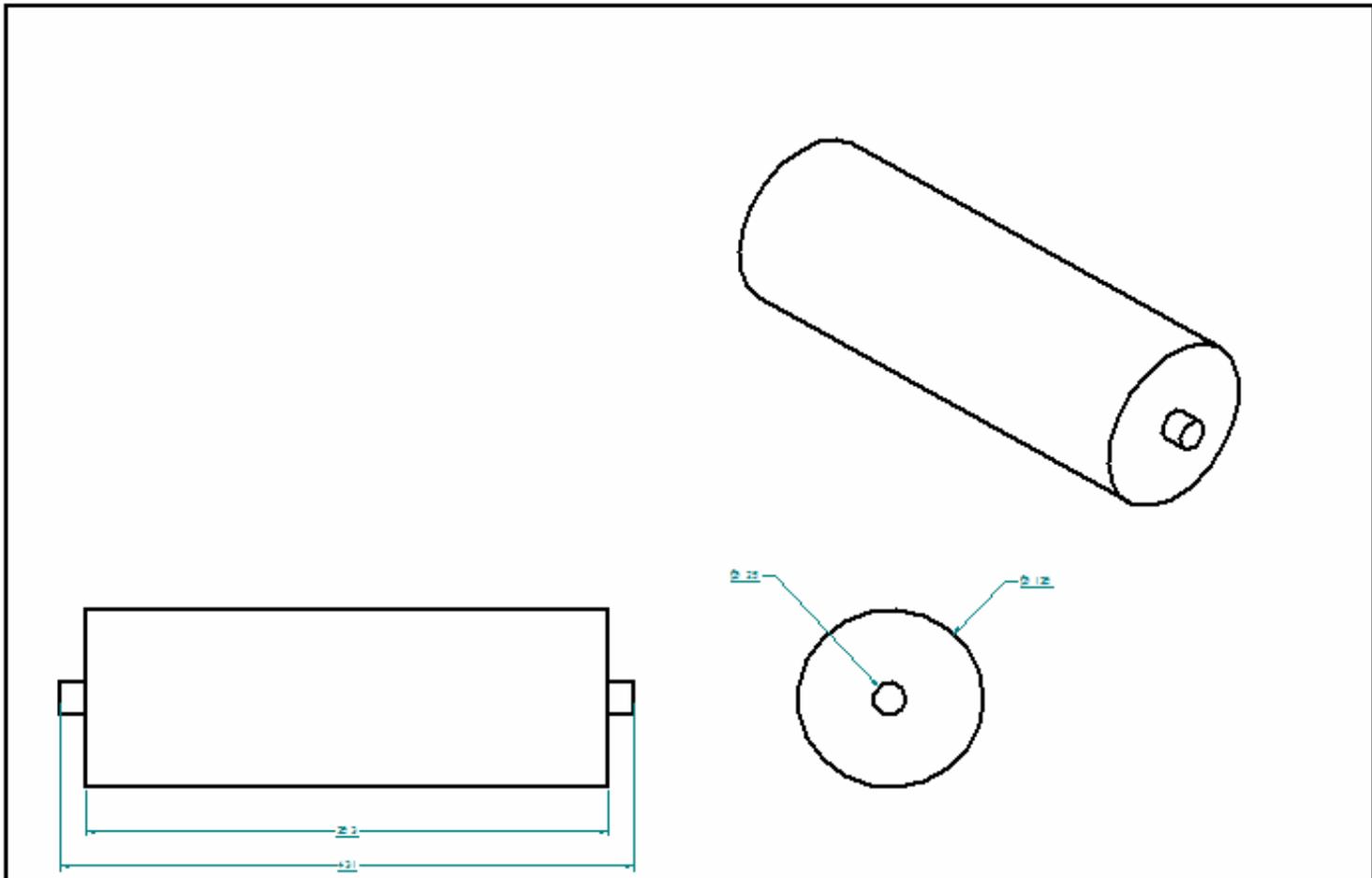


DETAIL A



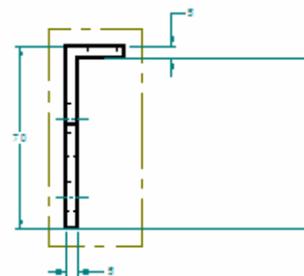
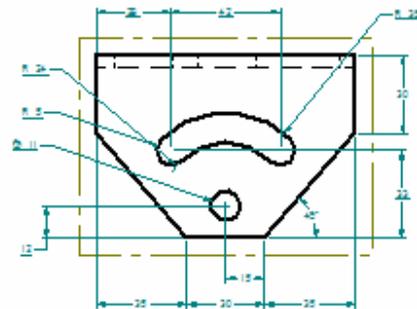
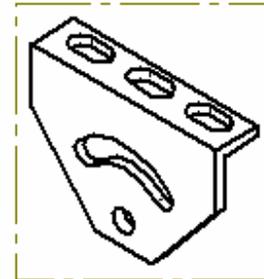
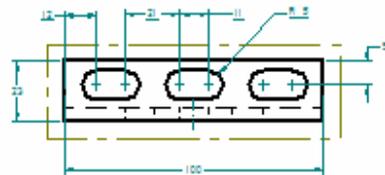
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO RODILLO BANDA 2	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 ESCALA 2-1	PLANO 14/28
---	--	--	---	----------------



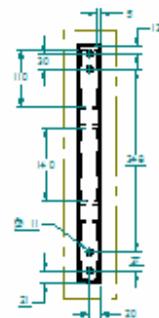
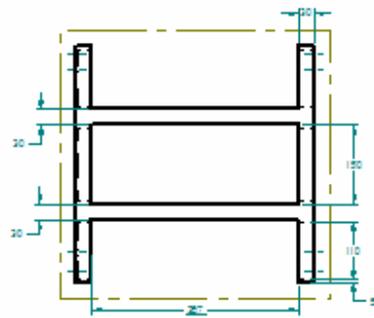
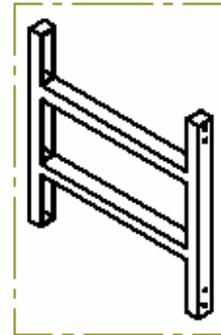
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ		FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 15/28
	TÍTULO RODILLO BANDA 1			ESCALA 1-2	



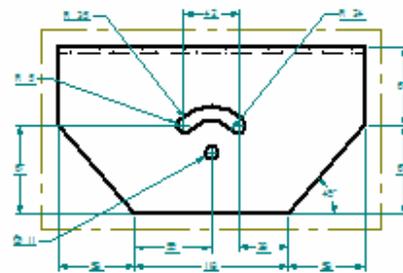
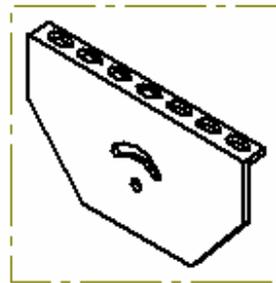
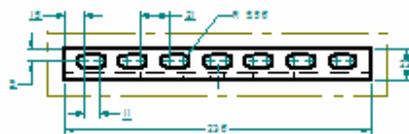
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ		FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO
	TÍTULO SOPORTE BANDAS PARTE 2			HOJA 1-1	17/28



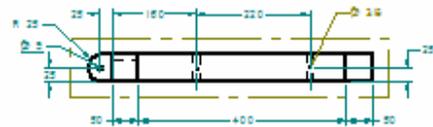
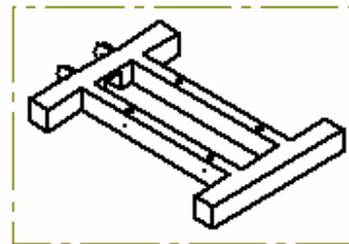
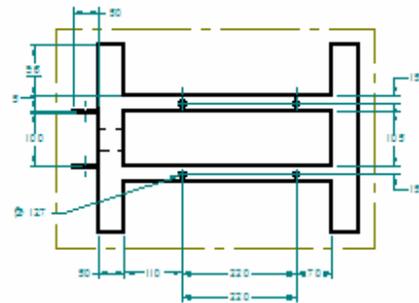
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.3

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO SOPORTE BANDAS PARTE 3	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 ESCALA 1-5	PLANO 18/28
---	---	--	---	----------------



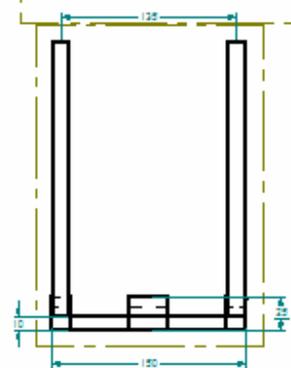
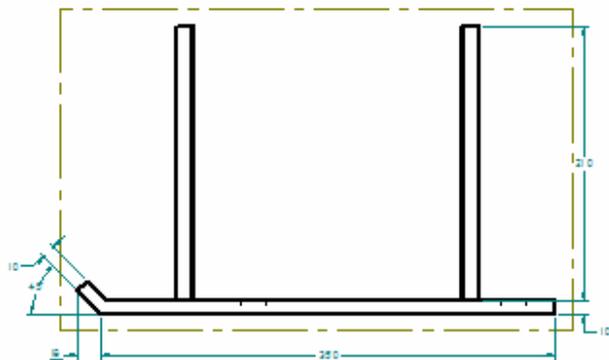
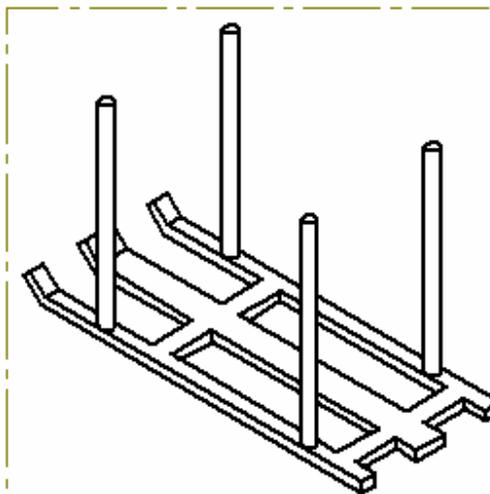
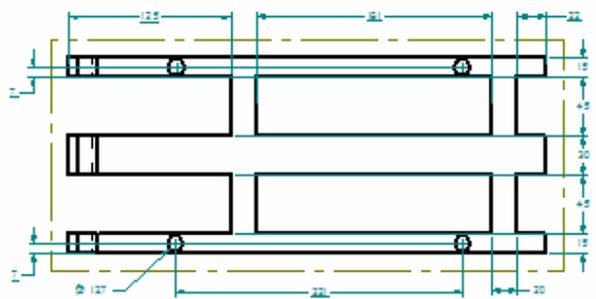
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO
	TÍTULO SOPORTE BANDAS PARTE 4		ESCALA 1-2	19/28



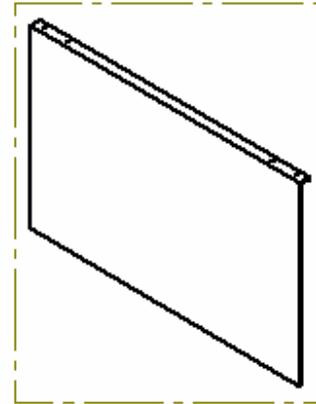
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO
	TÍTULO SOPORTE PEGANTE PARTE 1		 FACILIDAD	20/28
			1-5	



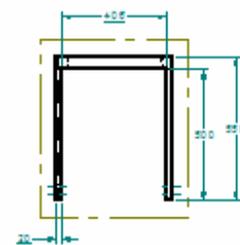
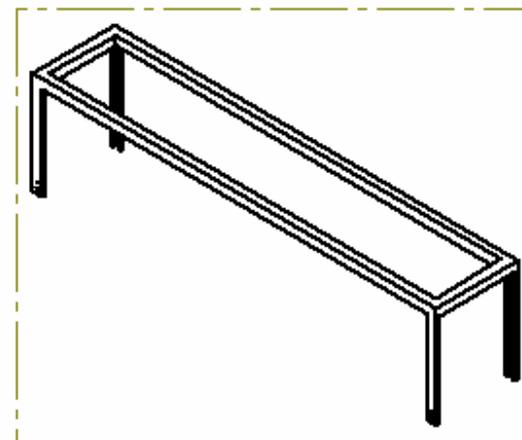
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO SOPORTE PEGANTE PARTE 2	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 FACULTAD 1-2	PLANO 21/28
---	--	--	---	----------------



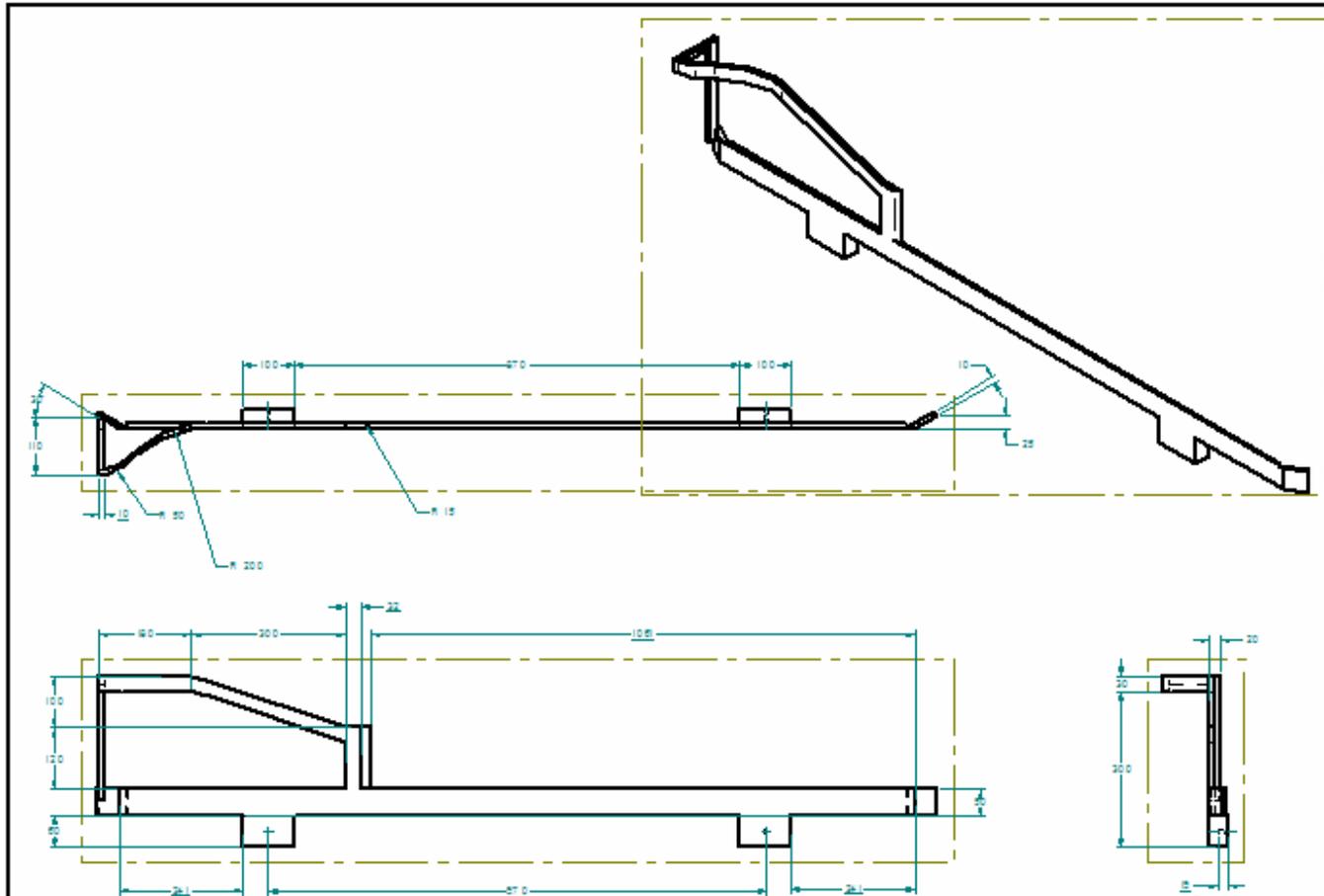
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 22/28
	TÍTULO TAPA DE PROTECCION		 FACILITADO 1-5	



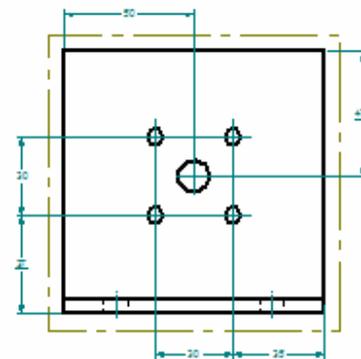
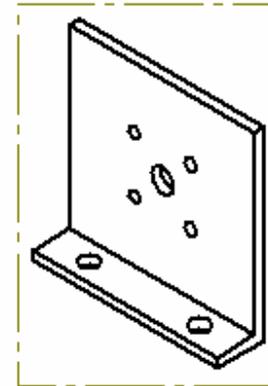
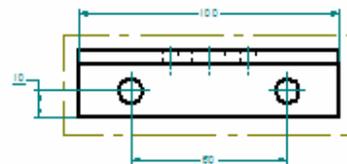
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ		FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 23/28
	TÍTULO TECHO			PACILLO 1-10	



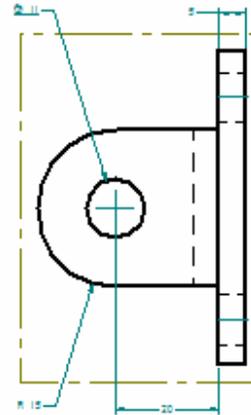
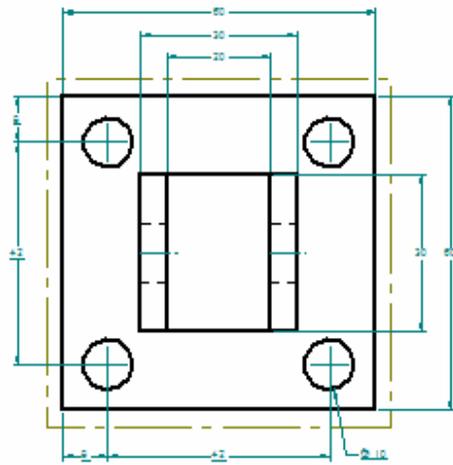
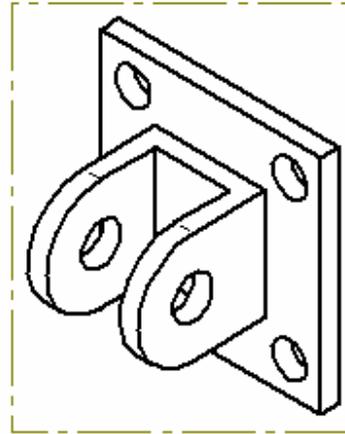
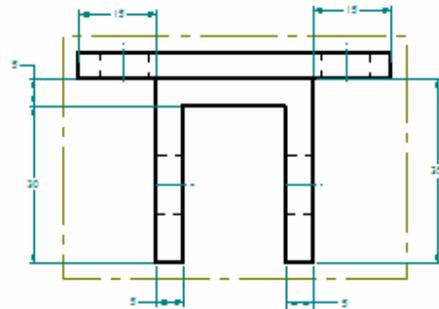
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO VARIADOR ANCHO DE CAJA	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 ESCALA 1-10	PLANO 24/28
---	---	--	---	-----------------------



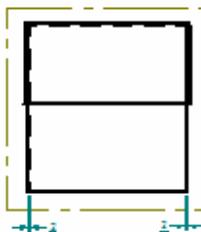
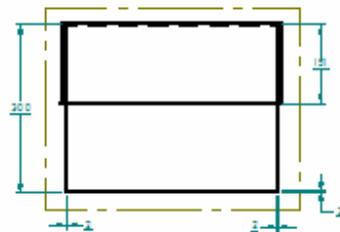
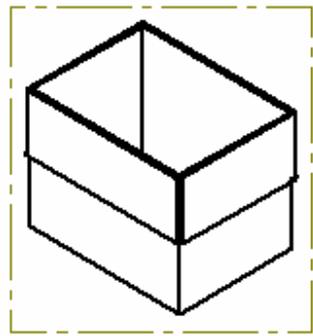
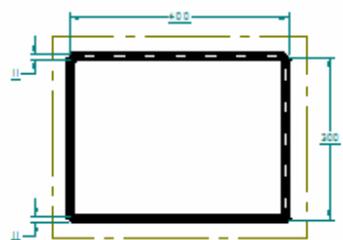
Todas las medidas con una tolerancia ± 0.5

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	FECHA DIC 8 DE 2005	PLANO 25/28
	TÍTULO SOPORTE VARIADOR ANCHO DE CAJA			FACILITADO 1-1

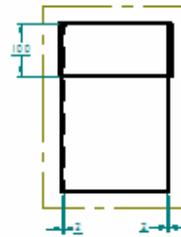
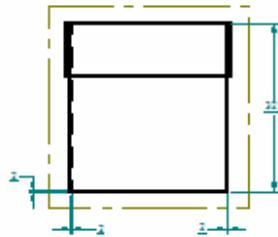
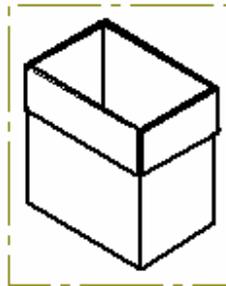
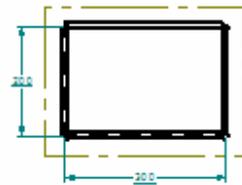


Todas las medidas con una tolerancia ± 0.05

INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO ORQUILLA ACTUADOR ANCHO DE CAJA	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 FACULTAD 2-1	PLANO 26/28
---	---	--	--	----------------



INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO CAJA GRANDE TIPO A3	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 PÁGINA 1-5	PLANO 27/28
---	--	--	---	----------------



INSTITUCIÓN UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	TUTOR LEONARDO RODRIGUEZ TÍTULO CAJA PEQUEÑA TIPO A4	PRESENTADO POR MARCO AURELIO PEREZ VARGAS JUAN PABLO SALCEDO RODRIGUEZ	 FECHA DIC 8 DE 2005 PÁGINA 1-5	PLANO 28/28
---	---	--	---	----------------

