

**SISTEMA DE POSICIONAMIENTO Y ORIENTACIÓN PARA EL EQUIPO
DE ILUMINACIÓN DEL CPA DE LA UNAB OPERADO REMOTAMENTE.**

**Línea de investigación:
MECÁNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**Autor:
EDSON ARTURO SILVA LÓPEZ**

**Director:
Ing. Esp. CARLOS ADOLFO FORERO GONZÁLEZ**

**Asesor:
Ing. Esp. NAYIBE CHIO CHO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
BUCARAMANGA**

2011

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABLAS
INTRODUCCIÓN

	Pág.
1. ETAPA I	9
1.1. Objetivo general	9
1.1.1. Objetivos específicos	9
1.2. Planteamiento del problema y Justificación	10
1.3. Antecedentes	11
1.4. Metodología de diseño	13
1.4.1. Definición del problema	14
1.4.2. Estudio del estado del arte y antecedentes	14
1.4.3. Análisis de diseño	14
1.4.4. Evaluación	14
1.4.5. Implementación	15
1.4.6. Resultados esperados	15
1.5. Marco teórico	16
1.5.1. Mecanismos de transmisión de movimiento	16
1.5.1.1. Sistemas de poleas	16
1.5.1.1.1. Sistema simple de poleas con correa	17
1.5.1.2. Sistemas de engranes	18
1.5.1.2.1. Sistema piñón cadena	18
1.5.1.2.1.1. Relación de velocidades	19
1.6. Teoría de Control	21
1.6.1. Controlador proporcional	21
1.6.2. Controlador PI	21
1.6.3. Controlador PD	22
1.6.4. Controlador PID	22
2. ETAPA II	23
2.1. Propuesta de diseño	23
2.2. Selección del método mecánico de transmisión de movimiento	25
2.2.1. Selección del piñón	26
2.3. Normas técnicas	29
2.3.1. Garganta de la polea	29
2.3.2. Factor de seguridad o de diseño	30

3. ETAPA III	32
3.1. ANÁLISIS MATEMÁTICO	32
3.1.1. Determinación del momento flector a la viga de soporte	32
3.2. Selección de motores para la orientación de la lámpara	37
3.3. Determinación del torque para selección del motor de traslación	40
3.4. Selección del sistema de control para la orientación y posición	42
3.4.1. Cálculo de la función de transferencia en lazo abierto	45
3.5. Selección del PLC	50
3.6. Selección de la comunicación	51
3.7. Selección fuente de alimentación	52

Conclusiones

Anexos

Bibliografía

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. (1), Lámpara ajustada a los soportes anclados en el techo	11
Fig. (2), Operario subiendo a la escalera, para ajuste de lámpara	12
Fig. (3), Operario haciendo ajustes de la lámpara en la cima de la escalera	12
Fig. (4), Metodología de diseño	13
Fig. (5), Sistema de poleas con correa	17
Fig. (6), Sistema piñón cadena	19
Fig. (7), Relación de velocidades sistema piñón cadena	19
Fig. (8), Sistema traslación	23
Fig. (9), Acople para orientación	24
Fig. (10), Nomenclatura tipo de piñones	26
Fig. (11), Cadena ANSI de rodillos	27
Fig. (12), Perfil piñón y especificaciones	28
Fig. (13), Normas poleas	29
Fig. (14), Poleas existentes	29
Fig. (15), Análisis de desplazamiento, del autor	36
Fig. (16), Análisis del factor de seguridad, del autor	36
Fig. (17), Motor para la orientación	38
Fig. (18), Sensor QME 01	38
Fig. (19), Mecanismo de acople del encoder	39
Fig. (20), Motor para la traslación	41

	42
Fig. (21), Circuito equivalente motor DC	47
Fig. (22), Respuesta del sistema con controlador PID	48
Fig. (23), Respuesta de la acción de control PID	49
Fig. (24), Respuesta del sistema con controlador PD	49
Fig. (25), Respuesta de la acción de control PD	51
Fig. (26), Multiplexor DIGIMUX 16	52
Fig. (27), Circuito equivalente motores	54
Fig. (28), Fuente de alimentación	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
	23
Tabla (1), Partes del sistema de traslación	24
Tabla (2), Partes del sistema de orientación	34
Tabla (3), Tipos de acero y resistencia a la fluencia	35
Tabla (4), Análisis de factor de seguridad	37
Tabla (5), Selección de motor para orientación	39
Tabla (6), Partes mecanismo de acople encoder	41
Tabla (7), Selección de motor para traslación	47
Tabla (8), Selección de controlador para la posición	48
Tabla (9), Selección de controlador para la orientación	50
Tabla (10), Selección del PLC	52
Tabla (11), Selección de la interfaz HMI	53
Tabla (12), Selección fuente de alimentación	

INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto de grado se llevo a cabo bajo el problema que se presenta en el centro de producciones audiovisuales de la Universidad autónoma de Bucaramanga, donde a diario se corre el riesgo de sufrir un accidente cuando se hace los preparativos para una grabación en el estudio o cuando los estudiantes se encuentran ejerciendo sus actividades académicas en dicho lugar.

Bajo los objetivos trazados, para lograr minimizar el riesgo y optimizar el uso del set de grabación, el proyecto se dividió en tres etapas. La primera, donde se deja claro el camino a seguir para la solución del problema a tratar, en la segunda se hace énfasis en el tipo de solución que el diseñador propone para el sistema. Finalmente en la tercera se logra hacer la selección de diversos elementos que complementan y hacen parte fundamental de la estructura de diseño del sistema.

1. ETAPA I

1.1. Objetivo general

Diseñar un mecanismo para el cambio de posición y orientación de las luces en el centro de producción audiovisual y un sistema de operación remoto.

1.1.1. Objetivos específicos

Diseñar un mecanismo que permita el cambio de posición de las lámparas en el estudio de televisión de la UNAB.

Diseñar un sistema para la orientación de las luces del set y así obtener diversos ángulos de iluminación.

Diseñar los sistemas de control para la orientación y posición del sistema de iluminación.

Seleccionar el sistema de comunicación para la manipulación de los mecanismos de posición y orientación.

1.2. Planteamiento del problema y Justificación

El presente proyecto de grado se realiza teniendo en cuenta la necesidad del centro de producciones audiovisuales (CPA) de la UNAB, en el estudio de grabación, donde es necesario variar las condiciones en la iluminación del set.

Teniendo en cuenta lo anterior y resaltando que estos cambios se realizan de forma manual y con riesgo latente de accidente para quien lo hace, debido a que es necesario subir a una escalera de 3 metros de altura para hacer las modificaciones, se consideró realizar la automatización de este proceso.

Además del riesgo latente que representa esta operación, también se estableció que el tiempo que dicho cambio requiere es en consideración elevado y este tiempo de adecuación del set esta entre 1 a 3 horas, debido a que cada una de las luces en promedio requiere de 20 minutos para moverse de un lugar a otro.

1.3. Antecedentes

En el centro de producciones audiovisuales (CPA) de la UNAB, se hacen grabaciones para programas de televisión o como proyectos internos para los alumnos que lo requieran y en cada caso las condiciones del set cambian, teniendo en cuenta parámetros como la hora, el clima, intensidad, etc. Dichos parámetros son establecidos por la persona o personas encargadas de la grabación y esto es posible haciendo variar las condiciones de dirección y algunas combinaciones de diferentes tipos de luces.

La UNAB en el CPA cuenta con un estudio de televisión amplio y con una estructura superior a nivel del techo en la que se encuentran suspendidas las luces del set, que están distribuidas de acuerdo a los parámetros que necesita el usuario.



Fig. (2), Lámpara ajustada a los soportes anclados en el techo, del autor.

Todos los cambios que se deben realizar en la disposición de las luces debe hacerlo un operario en el caso de grabaciones para televisión, o los estudiantes cuando se encuentran haciendo su respectiva toma. El cambio de posición de las luces no es un trabajo fácil, debido a que las lámparas

varían en un rango de peso entre 8Kg a 15 Kg y por eso la manipulación de estas sumada la altura a la que se operan, implica un riesgo constante para quienes trabajan en estas condiciones.



Fig. (2), Operario subiendo a la escalera, para ajuste de lámpara, del autor.

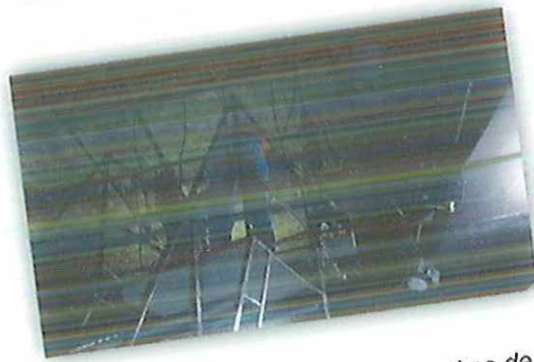


Fig. (3), Operario haciendo ajustes de la lámpara en la cima de la escalera, del autor.

Es importante destacar que no es suficiente la situación de riesgo para algunos estudiantes, quienes deciden volver el escenario más crítico ejecutando acciones que aumentan el riesgo de accidente; una de ellas, es mover la escalera con una persona arriba, cuando no cuenta con los elementos básicos de seguridad; otra de ellas, es cuando deciden mover la escalera no solo estando arriba sino también sosteniéndose de la estructura y moviendo la escalera desde la posición en la que se encuentran.

1.4. Metodología de diseño

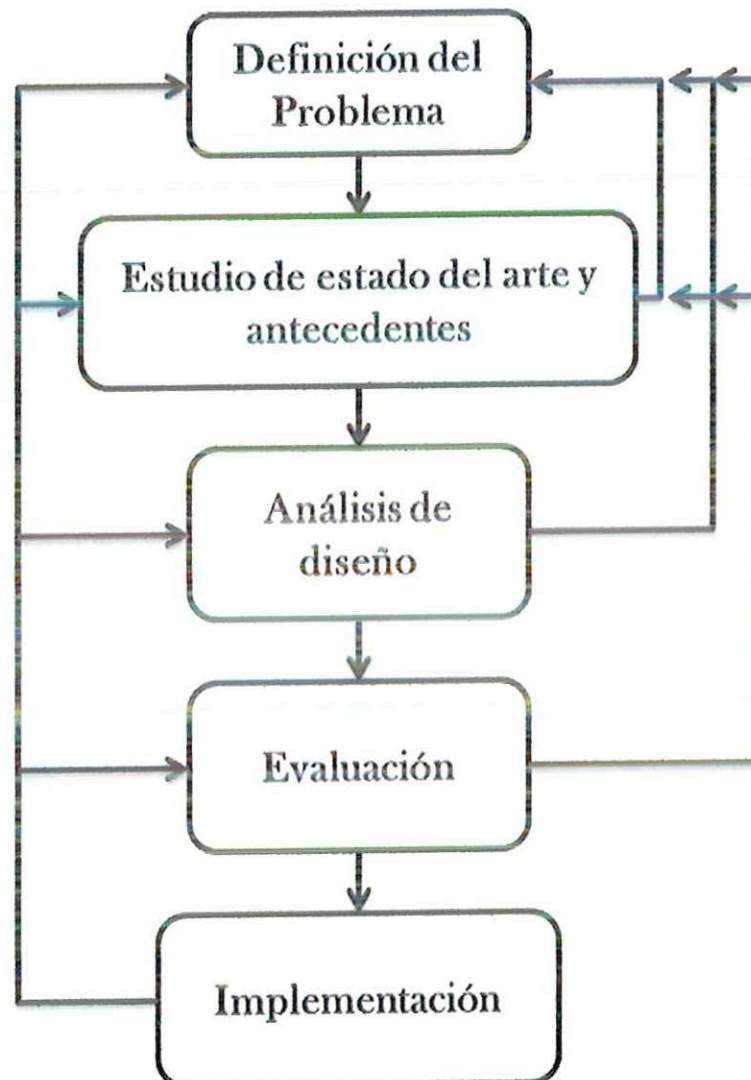


Fig. (4), Metodología de diseño, del autor.

1.4.1. Definición del problema:

Esta es la primera etapa en la que se determina el problema principal y en la que se estudia las posibilidades de solución a este, allí mismo se define los objetivos principales y específicos.

1.4.2. Estudio del estado del arte y antecedentes:

En esta etapa se hace un estudio extenso en el que el objetivo principal es obtener documentación e información acerca de proyectos desarrollados que siguen la misma línea de investigación que permiten hacer un estudio previo de las técnicas utilizadas para la transmisión de movimiento y comunicación, que son un punto de referencia para determinar la técnica a utilizar en el desarrollo del este proyecto.

1.4.3. Análisis de diseño:

El análisis de diseño contempla cálculos matemáticos, análisis de simulación y diseños mecánicos, eléctricos, electrónicos y de control, necesarios para la determinación del modelo adecuado y que cumpla con las especificaciones requeridas para su posterior implementación.

1.4.4. Evaluación:

Esta etapa contempla todas las pruebas a las que los modelos deben ser sometidos y determinar si cumplen con los requerimientos necesarios para la construcción del prototipo o producto final.

1.4.5. Implementación:

Esta, la etapa final del proceso contempla que el modelo ya aprobó satisfactoriamente los requerimientos y está listo para llevar a cabo su construcción, ya sea prototipo o el producto final.

1.4.6. Resultados esperados

Que el sistema de posicionamiento y orientación para el equipo de iluminación del CPA, facilite a los estudiantes de producción en artes audiovisuales su trabajo en el set de grabación, cuando deban hacer más de un cambio en la intensidad lumínica del estudio.

1.5. Marco teórico¹

1.5.1. Mecanismos de transmisión de movimiento

Existen diferentes métodos de transmisión de movimiento, cada uno de ellos se ajusta a condiciones y necesidades diferentes, según el entorno y el tipo de trabajo a realizar, dichos mecanismos son:

- Tornillos de potencia
- Sistemas de poleas
- Sistemas de rieles
- Sistemas de engranes

Entre otros; de los cuales estudiaremos sistemas de poleas y de engranes, específicamente poleas con correa y piñón cadena respectivamente.

1.5.1.1. Sistemas de poleas

Una polea es una rueda que tiene una ranura o acanaladura en su periferia, que gira alrededor de un eje que pasa por su centro. Esta ranura sirve para que, a través de ella, pase una cuerda que permite vencer una carga o resistencia R , atada a uno de sus extremos, ejerciendo una potencia o fuerza F , en el otro extremo. De este modo podemos elevar pesos de forma cómoda e, incluso, con menor esfuerzo, hasta cierta altura. Es un sistema de transmisión lineal puesto que resistencia y potencia poseen tal movimiento.

Podemos distinguir tres tipos básicos de poleas:

¹ Teoría de Maquinas y Mecanismos, Joseph Edward Shigley, 1996.

- Polea fija
- Polea móvil
- Polea compuesta

1.5.1.1.1. Sistema simple de poleas con correa

El sistema de poleas con correa más simple consiste en dos poleas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto del rozamiento de una correa con ambas poleas. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes. Es este un sistema de transmisión circular puesto que ambas poleas poseen movimiento circular.

En base a esta definición distinguimos claramente los siguientes elementos:

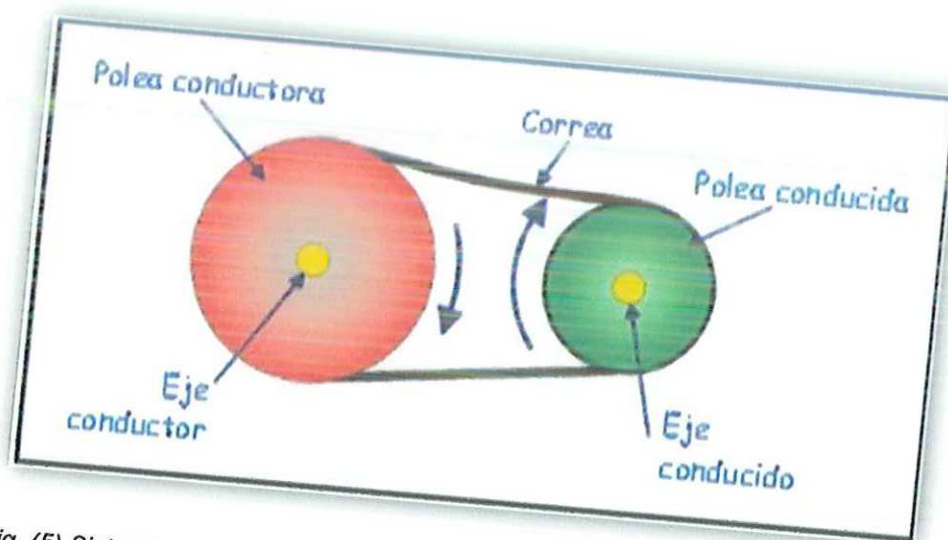


Fig. (5) Sistema de poleas con correa de Maquinas y Mecanismos, Mecanismos de Transmisión de Movimiento, CEJAROSU, Departamento de ciencia y tecnología, disponible en <http://es.scribd.com/doc/3523358/tx-mecanismos-para-transmision-de-movimiento> [citado en 10 de Septiembre de 2011]

1.5.1.2. Sistemas de engranes

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo.

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes:

- **Ejes paralelos**
- **Ejes perpendiculares**
- **Por aplicaciones especiales**
- **Por la forma de transmitir el movimiento**
- **Transmisión mediante cadena o polea dentada**

1.5.1.2.1. Sistema piñón cadena

Este sistema consta de una cadena sin fin (cerrada) cuyos eslabones engranan con ruedas dentadas (piñones) que están unidas a los ejes de los mecanismos conductor y conducido.

Los ejes tienen que mantenerse en posición fija uno respecto a otro, por lo que suelen sujetarse mediante soportes, armaduras u horquillas (en el caso de motos y bicicletas)

- Ventajas e inconvenientes

Este sistema aporta beneficios sustanciales respecto al sistema correa-polea, pues al emplear cadenas que engranan en los dientes de los piñones se evita el deslizamiento que se producía entre la correa y la polea.

Otras ventajas e inconvenientes de este sistema son:

- Presenta la gran ventaja de mantener la relación de transmisión constante (pues no existe deslizamiento) incluso transmitiendo grandes potencias entre los ejes (caso de motos y bicicletas), lo que se traduce en mayor eficiencia mecánica (mejor rendimiento). Además, no necesita estar tan tensa como las correas, lo que se traduce en menores averías en los rodamientos de los piñones.
- Presenta el inconveniente de ser más costoso, más ruidoso y de funcionamiento menos flexible (en caso de que el eje conducido cese de girar por cualquier causa, el conductor también lo hará, lo que puede producir averías en el mecanismo motor o la ruptura de la cadena), así como el no permitir la transmisión entre ejes cruzados; además necesita una lubricación (engrase) adecuada.

1.5.2. Teoría de Control

Es un campo interdisciplinario de la ingeniería y las matemáticas, que trata con el comportamiento de sistemas dinámicos. A la salida deseada de un sistema se le llama referencia. Cuando una o más variables de salida de un sistema necesitan seguir cierta referencia sobre el tiempo, un controlador manipula la entrada al sistema para obtener el efecto deseado en la salida del sistema.

1.5.2.1. Controlador proporcional

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango.

1.5.2.2. Controlador PI

El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante I. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

1.5.2.3. Controlador PD

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

1.5.2.4. Controlador PID

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador.

2. ETAPA II

2.1. Propuesta de diseño

Para la propuesta del diseño de la viga para el soporte de la lámpara, se tuvo en cuenta la probabilidad de que el trayecto que ocupara alguna de las lámparas dispuestas, se cruzara con uno de los ejes perpendiculares, como se muestra en el círculo rojo de la imagen.

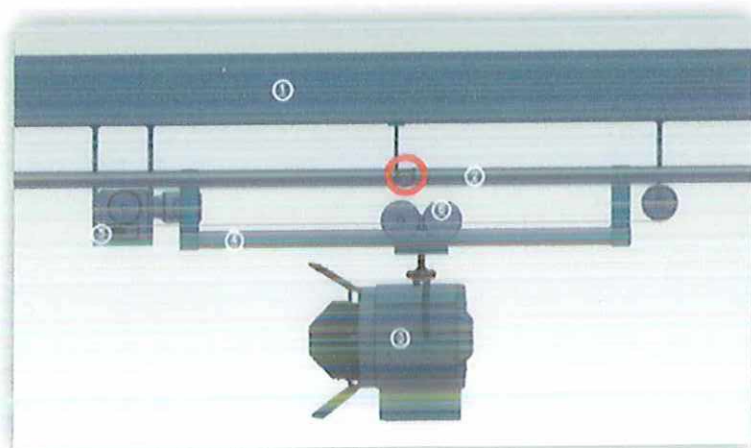


Fig. (8) Sistema traslación, del autor.

En la figura 8, se pueden apreciar los siguientes componentes:

Nro.	Descripción
1	Techo. (ya existe)
2	Soportes anclados al techo. (ya existen)
3	Lámpara. (ya existe)
4	Viga propuesta de diseño.
5	Motor con piñón – cadena, para ejercer el movimiento.
6	Sistema de deslizamiento por la viga.

Tabla (1), Partes del sistema de traslación, del autor.

El método de traslación sobre la viga, consta de un sistema de dos poleas que se deslizaran sobre ella, además de estar acoplado a la lámpara y fijo a la cadena de transmisión, es así como se transmitirá el movimiento rotacional de los piñones al sistema de traslación.

En cuanto a la orientación del sistema.

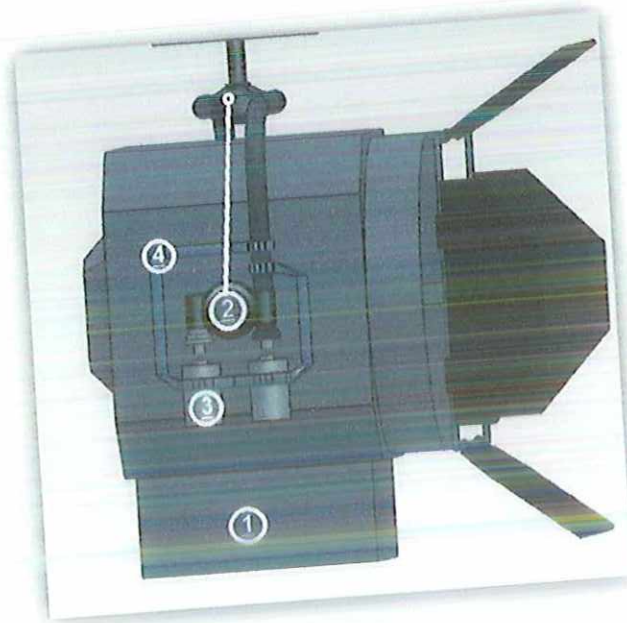


Fig. (9) Acople para orientación, del autor.

La figura 9, nos permite observar:

Nro.	Descripción
1	Lámpara. (ya existe)
2	Mecanismos de cambio en la orientación, hacen parte de la lámpara.
3	Motores para modificar la orientación.
4	Mecanismo de acople de los motores con la lámpara.

Tabla (2), Pates del sistema de orientación, del autor.

La lámpara cuenta con un sistema integrado para cambiar su orientación, el que fue modificado en la conceptualmente para que la manipulación de este sea de forma automática mediante el acople de los motores en las manivelas que varían el ángulo de la lámpara; los motores se acoplaron a la lámpara mediante un soporte tubular que permite mantenerlos alineados y fijos al sistema.

2.2. Selección del método mecánico de transmisión de movimiento

En el marco teórico, se mencionó los diferentes métodos para la transmisión de movimiento, cada uno de ellos con características y propiedades diferentes. Dado el sistema a implementar, se estudiaron dos mecanismos similares, pero con propiedades diferentes, que serán comparados respecto a las ventajas y desventajas que presenta cada uno de ellos y así determinar cual es el mas confiable y eficiente.

	Poleas con correa	Piñón cadena
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible. • Menos costosa. • Menos pesada. • Menos ruidoso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantiene la relación de transmisión constante. • Máxima eficiencia. • Menor mantenimiento. • Menos desgaste.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • No mantiene la relación de transmisión constante. • Menos eficiente. • Mayor desgaste. • Requiere mayor mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es flexible. • Más costosa. • Más ruidoso. • Mayor peso.

Considerando que se debe vencer un coeficiente de rozamiento desconocido y que la lámpara y las estructuras de acople, los motores y el mismo sistema de poleas adicionan una masa aproximada de 17 Kg (masa obtenida después de pesar la lámpara) y después de observar los resultados expuestos en el cuadro comparativo anterior se ha seleccionado el método piñón cadena como el mecanismo de transmisión de movimiento a implementar en el sistema.

2.2.1. Selección del piñón

La selección del piñón adecuado para el sistema es importante, ya que este transmitirá el movimiento rotacional del motor a la cadena de transmisión, para así transformar dicho movimiento en uno lineal.

Primero debemos saber cuales son las características de los piñones.



Fig. (10) Nomenclatura tipo de piñones, tomado de http://www.intermec.com.co/web_intermec/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=62#transmision [citado en 7 de Octubre de 2011]

Como se puede apreciar en la figura 10 los piñones presentan una nomenclatura para su selección, dicha nomenclatura está compuesta por las siguientes partes:

Los primeros dígitos numéricos, indican la referencia de cadena para el piñón, en el caso de la figura el número 40 indica que es necesaria una cadena ANSI 40 para este.

Seguido del tipo de cadena, encontramos el tipo de piñón, que puede ser A, B, C, 2B, 3B, 4C, SF, BTB, esta nomenclatura determina el número de hileras y características como, manzana sencilla, manzana doble y sistemas de fijación, para el caso de la figura 7, el piñón es un tipo B, que significa que es de una sola hilera por no presentar número y de manzana sencilla.

El fragmento final de la nomenclatura hace referencia al número de dientes del piñón, en el de los piñones tipo BTB se adiciona un número que indica la referencia del buje.

Es importante saber que para poder hacer la selección del piñón es importante saber que tipo de cadena queremos utilizar y es por ello que se consulto el catalogo de cadenas (Anexo 1); para la selección de la cadena se tuvo en cuenta el peso, ya que el rango de pesos esta entre 0.14 Kg/m y 4.5 Kg/m y si la cadena tiene rodillos, que reducen la tensión y la fricción entre el piñón y la cadena, reduciendo el desgaste entre estos, según estos criterios, el tipo de cadena que se ajusta a ellos es la ANSI 50.

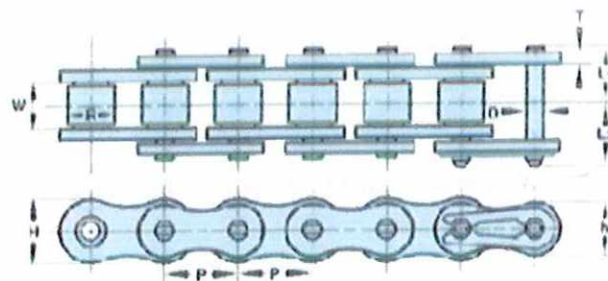


Fig. (11) Cadena ANSI de rodillos, de catalogo de cadenas disponible en <http://www.indarbelt.com/pdf/cadena/Asa%20simple.pdf> [citado en 7 de Octubre de 2011]

Una vez seleccionada la cadena de transmisión, es necesario evaluar el tipo de piñón a utilizar; en este caso como el piñón estará acoplado al eje del motor es recomendable usar piñones con manzana, debido a que permiten una mejor alineación sin partes adicionales para la sujeción.

2.3. Normas técnicas

2.3.1. Garganta de la polea

Hay normas que marcan los diámetros más apropiados para las gargantas de las poleas.

Tabla 3.15. Diámetros del fondo de las gargantas.

Diámetro del cable	Diámetro del fondo de las gargantas	
	Mínimo	Máximo
Hasta 12	$d + 0,8 \text{ mm}$	$d + 2,4 \text{ mm}$
12 - 25	$d + 1,6 \text{ mm}$	$d + 3,2 \text{ mm}$
25-50	$d + 2,4 \text{ mm}$	$d + 4,8 \text{ mm}$
mayor de 50	$d + 3,2 \text{ mm}$	$d + 6,4 \text{ mm}$

Fig. (13) Normas poleas, tomado de Grúas, Emilio Larrodé Pellicer.

Figura 13, donde se aprecia la relación entre el diámetro del cable y el mínimo y máximo diámetro de la garganta de la polea, para el caso del mecanismo de poleas ya existente, esta norma no se cumple, pues la norma expresa que para diámetros entre 25 mm hasta 50 mm, el diámetro mínimo de la garganta debe ser igual al diámetro + 2,4 mm o + 4,8 mm, en cuyo casos la polea abarcaría mas de la mitad del diámetro de la viga.

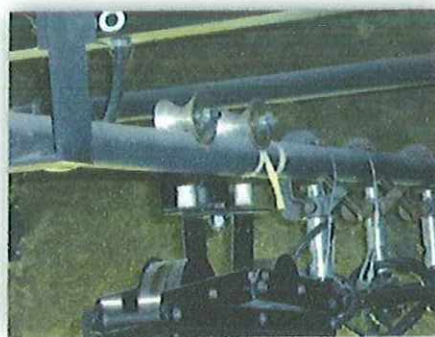


Fig. (14) Poleas existentes, del autor.

En la figura 14 podemos apreciar que es necesario ajustar las poleas de manera que cumplan con la norma, para que así el sistema sea seguro y no se presente ningún tipo de accidente, dado que el diámetro actual es igual al diámetro de la viga, de 3,6 cm y no de 3,84 mm como mínimo para ajustarse a la norma.

2.3.2. Factor de seguridad o de diseño

Para evitar la falla el factor de seguridad debe ser mayor que 1. Dependiendo de las circunstancias, se utilizan factores de seguridad un poco mayores que 1 y hasta de 10. Los factores de seguridad deben determinarse con una base probabilística. En general son establecidos por grupos de ingenieros experimentados que escriben los códigos y las especificaciones empleadas por otros diseñadores y en algunas ocasiones se promulgan como leyes. Las previsiones de códigos y especificaciones tienen el propósito de proporcionar niveles de seguridad razonables sin costos exorbitantes.²

Joseph P. Vidosic sigue los siguientes razonables factores de seguridad. Estos factores³ están basados en la resistencia a la cedencia.

1. $N = 1.25 - 1.5$ para materiales excepcionalmente confiables usados bajo condiciones controladas y sujetos a carga y esfuerzos que pueda determinarse con exactitud. Una consideración muy importante es que casi siempre se usan para pesos pequeños.

2. $N = 1.5 - 2$ para materiales bien conocidos, para condiciones de medio ambiente razonablemente constantes y sujetos a carga y esfuerzos que puedan calcularse con facilidad.

² Mecánica de Materiales, James Gere, Barry Goodno, Ph.D.

³ Diseño de Maquinas, Walter J. Michels

3. $N = 2 - 2.5$ para materiales promedio que trabajen en condiciones de medio ambiente ordinarias y sujetos a carga y esfuerzos que puedan calcularse.
4. $N = 2.5 - 3$ para materiales poco experimentados o para materiales frágiles en condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo.
5. $N = 3 - 4$ para materiales no experimentados usados para condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo.
6. $N = 3 - 4$ deberá también usarse con materiales mejor conocidos que vayan a usarse en condiciones ambientales inciertas o sujetos a esfuerzos inciertos.
7. Cargas repetidas: son aceptables los factores indicados en los puntos 1 al 6 pero debe aplicarse el límite de ruptura por carga cíclica o esfuerzo de fatiga en lugar del esfuerzo de cedencia del material.
8. Fuerza de impacto: son aceptables los factores dados en los puntos 3 al 6, pero deberá incluirse un factor por impacto.
9. Materiales frágiles: si se considera a la resistencia última como la máxima teórica, los factores indicados en los puntos 1 al 6 deberán multiplicarse por 2.
10. Para el caso deseable de tener factores elevados, deberá efectuarse un análisis muy completo del problema antes de decidir sobre su uso.

Dado que uno de los diseños que requiere el sistema a implementar contempla riesgo latente para la integridad física de las personas, nos remitimos a estudiar el factor de seguridad usado en el diseño de ascensores, para el cual el factor mínimo de seguridad varía entre 7,6 y 12 para elevadores de personas.⁴

⁴ Diseño de Sistemas Eléctricos, Gilberto Enríquez.

3. ETAPA III

3.1. ANÁLISIS MATEMÁTICO

3.1.1. Determinación del momento flector a la viga de soporte

$$\sigma = \frac{MC}{I} \quad (1)$$

Ecuación para determinar el esfuerzo normal por flexión, donde:

M = Momento máximo

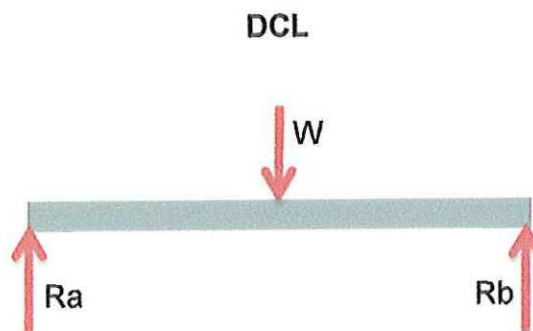
C = Distancia entre el centroide y un punto extremo

I = Momento de inercia

Para el caso de la viga el momento de inercia está determinado por la ecuación (2).

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (2)$$

Una vez determinado el perfil de la figura y después de haber obtenido los pesos de las lámparas, se efectuó el análisis del momento máximo mediante un diagrama de cuerpo libre.



Siendo W la masa de la lámpara (15 Kg), sumado el de las poleas que permiten el movimiento en la viga, motores y sistemas de acople (2 Kg), estos 17 Kg multiplicados a la fuerza de gravedad $9,8 \text{ m/s}^2$.

De esta manera se establece que la fuerza aplicada a la viga será de 166,6N.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = R_a + R_b = 166,6$$

$$\sum M_a = -166,6 \text{ (N)} * 0,65 \text{ (m)} + R_b * 1,3 \text{ (m)} = 0$$

(3)

$$R_b = \frac{166,6 * 0,65}{1,3} = 83,3 \text{ N}$$

$$R_a = 166,6 - 83,3 = 83,3 \text{ N}$$

Ahora el momento máximo que será aplicado a la viga estará situado en el punto medio de esta, de esta manera tenemos que la ecuación que define este momento está dada por,

$$M_{max} = \frac{F * l}{4} = \frac{166,6 * 1,3}{4} = 54,145 \text{ Nm} \quad (4)$$

Dónde:

F = Fuerza aplicada

L = Longitud de la viga

Obtenemos de esta manera que el momento flector máximo aplicado a la viga es de 54,145 N.m.

La selección de la viga dependerá entonces del factor de seguridad que se obtenga después de calcular el esfuerzo normal por flexión, debido a que es

una estructura que estará suspendida sobre personal de planta docente y estudiantes, el factor de diseño a utilizar será de 9.

Los tipos de acero a estudiar, son:

Tipo de Acero	Sy (pa)
AISI 1006	1,70E+08
AISI 1010	1,80E+08
AISI 1015	1,90E+08
AISI 1018	2,20E+08
AISI 1020	2,10E+08
AISI 1030	2,60E+08
AISI 1035	2,70E+08
AISI 1040	2,90E+08
AISI 1045	3,10E+08
AISI 1050	3,40E+08
AISI 1060	3,70E+08
AISI 1080	4,20E+08
AISI 1095	4,60E+08

Tabla (3), Tipos de acero y resistencia a la fluencia, del autor.

Sy = Resistencia a la fluencia

Se analizaron 13 tipos de acero y 36 diámetros comerciales, de los cuales se calculó el factor de seguridad con los siguientes ítems: radio de la viga, momento máximo, distancia entre el centroide y el punto extremo, momento de inercia, esfuerzo por flexión y resistencia a la fluencia, el análisis de un fragmento de los datos se puede observar en la tabla 4. El análisis completo de los datos puede ser visto en el Anexo 3.

Cálculo del factor de seguridad

d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m ⁴)	σ (N/m ²)	Sy	nd (σ/Sy)
1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,00315	7,73E-11	2,21E+09	1,70E+08	0,077075
5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,00395	1,91E-10	1,12E+09	1,70E+08	0,151975
3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,00475	4E-10	6,43E+08	1,70E+08	0,264278

Tabla (4), Análisis de factor de seguridad, del autor.

Siendo el diámetro de la viga y el factor de seguridad, los criterios de selección, dado que la viga debe cumplir con el factor de seguridad mínimo de 9 y con el menor diámetro posible, considerando que a mayor diámetro, mayor el peso de la viga y el valor comercial.

Respecto a lo anterior y después de analizar los resultados que arrojo la tabla para cada uno de los aceros estudiados, se selecciono el acero AISI 1045, con un diámetro de 1 pulgada y un factor de seguridad de 9,21.

La validación de estos resultados se llevo a cabo en el software de diseño SolidWorks®, que presenta un informe de los resultados de simulación de carga.

Los resultados arrojados por el software para el acero AISI 1045, determinan que:

- Desplazamiento máximo = 0.22 mm
- Factor de seguridad mínimo = 49

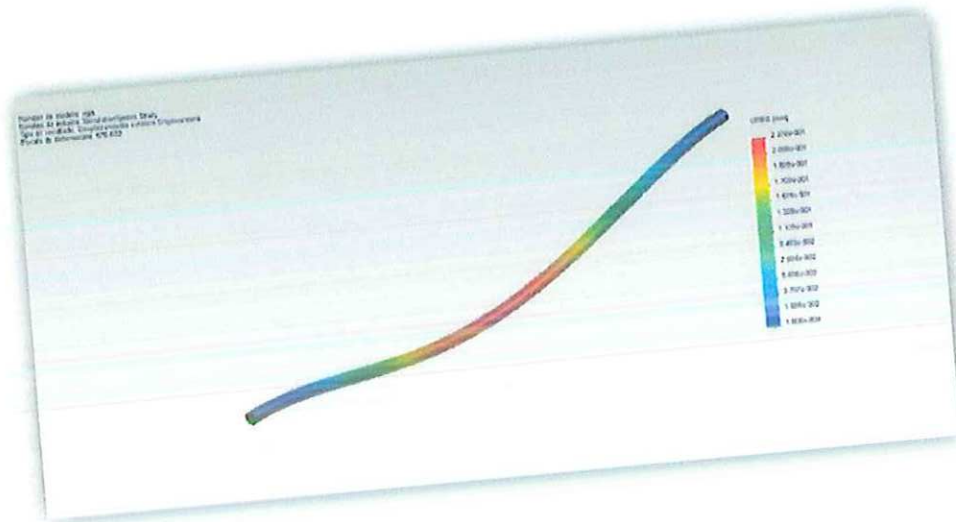


Fig. (15) Análisis de desplazamiento, del autor.

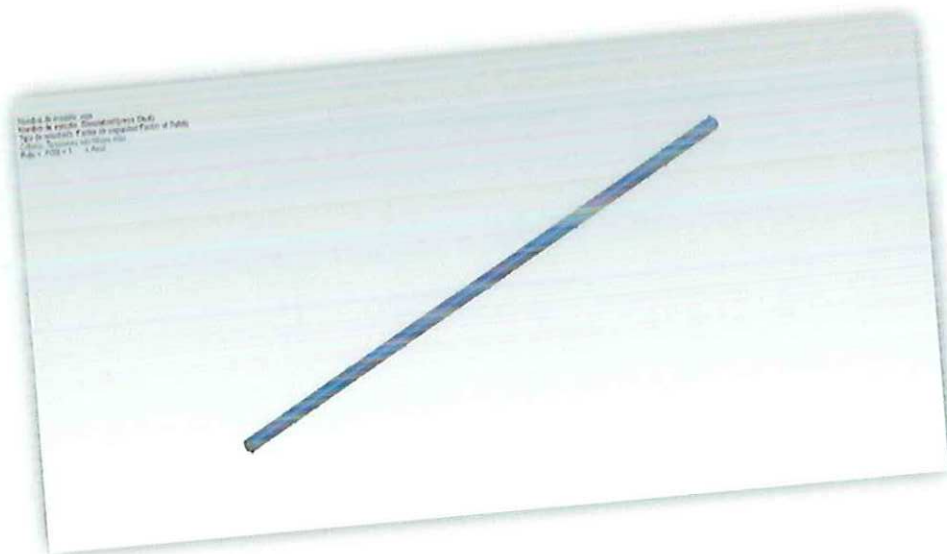


Fig. (16) Análisis del factor de seguridad, del autor.

Dichos resultados pueden ser verificados en el Anexo 4.

3.2. Selección de motores para la orientación de la lámpara

Para la selección de los motores que modifican la orientación del sistema, se tuvo en cuenta que estarán acoplados directamente al sistema integrado de la lámpara, que se encarga de hacer esta función de forma manual, hay que resaltar que este sistema permite un cambio de un grado por vuelta y un juego de piñones internos que disminuyen el torque necesario para mover el sistema.

Respecto a lo anterior y dado que la lámpara tiene una masa se 15 kg, los motores deben cumplir con un torque mínimo capaz de mover la masa de la lámpara por el factor de diseño a utilizar.

En lo sucesivo tenemos:

$$m * fd = 15Kg * 1,3 = 19,5Kg$$

Según lo anterior, podemos hacer la selección del motor teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

Referencia	Voltaje	Corriente Max	Torque	Encoder
SKU: 05-02-33	12 V dc	5 A	18 kg-cm	Si
MR 724 22	12/24 V dc	1,6 A	21 kg-cm	No
MR 383 28	12/24 V dc	2,1 A	40 kg-cm	No
MR 383 28E	12/24 V dc	0,8 A	40 kg-cm	No

Tabla (5). Selección de motor para orientación, del autor.

Una vez evaluados los criterios (tabla 5), se selecciono el motor de referencia MR 383 28E, que respecto al primer motor de la lista no presenta encoder, pero las demás características lo hacen ser el adecuado para el sistema.



Fig. (17) Motor para la orientación, tomado de catalogo motores, disponible en <http://www.bernio.it/show.php?Cod=mr31528e&Lang=ENG> [citado en 9 de Octubre de 2011]

Dado que el motor seleccionado (figura 17), no tiene sensor, es necesario seleccionar y acoplar uno a este. El sensor a acoplar en el sistema, será un encoder que envía una señal de pulsos que es procesada en el PLC (controlador lógico programable), por medio de un contador de pulsos, la resolución del encoder determina el numero de pulsos por vuelta y de esta manera podemos determinar la variación del ángulo de la lámpara. El sensor de referencia QME 01 es el seleccionado para acoplar a los motores.



Fig. (18) Sensor QME 01, tomado de http://dynamoelectronics.com/dynamo-tienda-virtual.html?page=shop.product_details&flypage=dynamo.tpl&product_id=31&category_id=6 8 [citado en 20 de Octubre de 2011]

3.3. Determinación del torque para selección del motor de traslación.

La selección del motor de traslación contemplara, el calculo del torque necesario para mover el mecanismo de poleas acoplado a la lámpara, sobre la viga, conocemos la masa a mover, pero desconocemos el coeficiente de fricción entre las poleas y la viga; es por eso que el valor de torque necesario será multiplicado por un factor de diseño que garantice el movimiento del sistema.

Calculo del torque para selección del motor de traslación.

$$F = m * g = 17kg * 9,8 \frac{m}{s^2} = 166,6 N$$

Para el piñón seleccionado tenemos

$$D = 5,21 cm = 0,0521m$$

$$r = \frac{D}{2} = 0,02605 m$$

Sabemos que el torque es igual al producto de la fuerza por el radio y adicional a esto tenemos un factor de diseño de 2,5.

De esta manera tenemos que el torque es

$$\tau = F * r * 2,5 = 166,6 * 0,02605 * 2,5 = 10,8498 N.m$$

En lo sucesivo haremos la selección del motor para la traslación del sistema.

Referencia	Voltaje	Corriente Max	Torque	Encoder
MR 752 52	12/24 V dc	7 A	32 Nm	No
MR 742 45 63 B 14	24 V dc	3 A	32 Nm	No
MR 752 63	12/24 V dc	7 A	37 Nm	No
MR 752 63 71 B 14	12/24 V dc	7 A	37 Nm	No

Tabla (7). Selección de motor para traslación, del autor.

Después de comparar los parámetros (tabla 7), el motor seleccionado es el de referencia MR 742 45 63 B 14, para el cual también será necesario acoplar el encoder.



Fig. (20) Motor para la traslación, tomado de catalogo de motores, disponible en <http://www.bernio.it/show.php?Cod=mr7424563b14&Lang=ENG> [citado en 9 de Octubre de 2011]

El acople del encoder a este motor (figura 20), se hará directamente en el eje, en la parte posterior del mismo.

3.4. Selección del sistema de control para la orientación y posición.

Primero será determinado el modelo matemático de los motores, teniendo que un motor de corriente continua puede modelarse según el siguiente esquema:

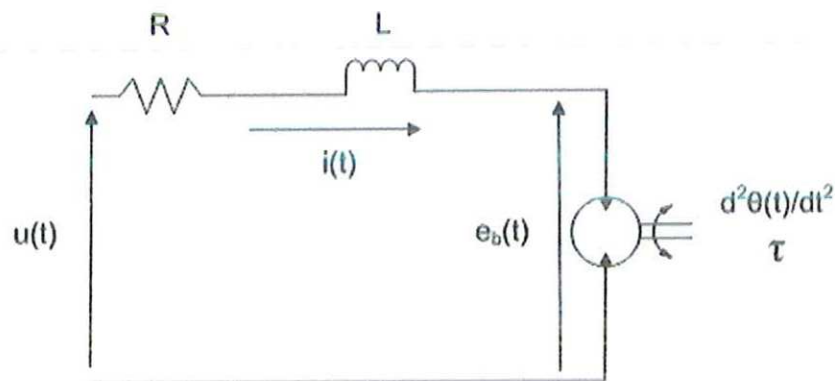


Fig. (21) Circuito equivalente motor DC.

En lo sucesivo utilizaremos la siguiente nomenclatura:

- $e_b(t)$ = es la tensión en las bornas del motor. Se mide en V.
- $i(t)$ = es la corriente que circula por el motor. Se mide en A.
- $u(t)$ = es la entrada que introducimos al motor. Se mide en V.
- $\theta(t)$ = es el ángulo de giro del motor. Se mide en rad.
- R = es la resistencia del motor. Se mide en Ω .
- L = es inductancia del motor. Se mide en H
- J = es la inercia del motor. Se mide en $\text{kg}\cdot\text{m}^2$.
- B = es el coeficiente de rozamiento. Se mide en $\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{rad}/\text{s}$.
- T = es el par del motor. Se mide en $\text{N}\cdot\text{m}$.
- τ_L = es el par de la carga. Se mide en $\text{N}\cdot\text{m}$.
- k_1 = es la constante de FEM. Se mide en $\text{V}\cdot\text{s}/\text{rad}$.
- k_2 = es la constante de par. Se mide en $\text{N}\cdot\text{m}/\text{A}$.

Sabemos que en un motor de corriente continua, se identifican las siguientes relaciones para la tensión en las borneras del motor, $e_b(t)$ y para el par del motor, T :

$$e_b(t) = k_1 * \frac{d\theta(t)}{dt}$$

$$\tau = k_2 * i(t)$$

Planteamos las ecuaciones diferenciales del circuito con ayuda del esquema de la figura (15):

$$u(t) = R * i(t) + L * \frac{di(t)}{dt} + e_b(t)$$

$$\tau = J * \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + B * \frac{d\theta(t)}{dt} + \tau_L$$

Sustituyendo en estas ecuaciones diferenciales las expresiones de $e_b(t)$ y τ obtenemos las siguientes igualdades:

$$u(t) = R * i(t) + L * \frac{di(t)}{dt} + k_1 * \frac{d\theta(t)}{dt}$$

$$k_2 * i(t) = J * \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + B * \frac{d\theta(t)}{dt} + \tau_L$$

Por simplicidad consideramos que el par de la carga es nulo, es decir, que, $\tau_L=0$. De esta forma las ecuaciones diferenciales que rigen el funcionamiento del motor de corriente continua se reducen a las siguientes expresiones:

$$u(t) = R * i(t) + L * \frac{di(t)}{dt} + k_1 * \frac{d\theta(t)}{dt}$$

$$k_2 * i(t) = J * \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + B * \frac{d\theta(t)}{dt}$$

Ahora debemos determinar en el dominio de Laplace la siguiente función de transferencia del motor:

$$G(s) = \frac{\Theta(s)}{U(s)}$$

Esta expresión relaciona la transformada de Laplace de la salida, $\Theta(s)$, con la transformada de Laplace de la entrada, $U(s)$.

Para calcularla partimos de las ecuaciones diferenciales obtenidas anteriormente y teniendo en cuenta las siguientes propiedades de la transformada de Laplace para la derivada de una función:

$$\mathcal{L}\left[\frac{df(t)}{dt}\right] = sF(s) - f(0)$$

$$\mathcal{L}\left[\frac{d^2f(t)}{dt^2}\right] = s^2F(s) - sf(0) - \dot{f}(0)$$

Obtenemos la transformada de Laplace de las ecuaciones diferenciales del motor:

$$U(s) = R * I(s) + L[sI(s) - i(0)] + k_1[s \Theta(s) - \theta(0)]$$

$$k_2 I(s) = J[s^2 \Theta(s) - s\theta(0) - \dot{\theta}(0)] + B[s \Theta(s) - \theta(0)]$$

Por simplicidad consideramos condiciones iniciales nulas, es decir, que se cumplen las siguientes relaciones:

$$i(0) = 0 \qquad \theta(0) = 0 \qquad \dot{\theta}(0) = 0$$

3.4.1. Cálculo de la función de transferencia en lazo abierto

De esta forma las expresiones anteriores se reducen mucho:

$$U(s) = R * I(s) + LsI(s) + k_1s \Theta (s)$$

$$k_2I(s) = Js^2 \Theta (s) + Bs \Theta (s)$$

Despejamos I(s) de la segunda ecuación:

$$I(s) = \frac{Js^2 \Theta (s) + Bs \Theta (s)}{k_2} = \frac{Js^2 + Bs}{k_2} * \Theta (s)$$

Sustituimos el resultado en la primera ecuación

$$U(s) = R * I(s) + LsI(s) + k_1s \Theta (s)$$

$$U(s) = (Ls + R) * I(s) + k_1s \Theta (s)$$

$$U(s) = (Ls + R) * \frac{Js^2 + Bs}{k_2} * \Theta (s) + k_1s \Theta (s)$$

$$U(s) = \left[(Ls + R) * \frac{Js^2 + Bs}{k_2} + k_1s \right] \Theta (s)$$

$$U(s) = \left[\frac{(Ls + R)(Js^2 + Bs) + k_1k_2s}{k_2} \right] \Theta (s)$$

$$U(s) = \frac{JLs^3 + (JR + BL)s^2 + (BR + k_1k_2)s}{k_2} \Theta (s)$$

Por lo tanto, la función de transferencia de posición para el motor de corriente continua es:

$$G(s) = \frac{\Theta (s)}{U(s)} = \frac{k_2}{JLs^3 + (JR + BL)s^2 + (BR + k_1k_2)s}$$

Para obtener la función de transferencia de posición a partir de la de velocidad se multiplica por $1/s$, en nuestro caso debemos obtener la de velocidad a partir de la de posición, para lo cual multiplicaremos la función de transferencia por s .

$$G(s) = \frac{\Theta(s)}{U(s)} = \frac{k_2}{JLs^3 + (JR + BL)s^2 + (BR + k_1k_2)s} * s$$

Por lo tanto, la función de transferencia de velocidad para el motor de corriente continua es:

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{k_2}{JLs^2 + (JR + BL)s + (BR + k_1k_2)}$$

Valores asumidos para los motores de orientación y el de traslación, mediante medición de parámetros de un motor de 24 V, equivalente.

- $R = 12,5 \Omega$
- $L = 5,94 \cdot 10^{-3} \text{ H}$
- $J = 9,54 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- $B = 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad/s}$
- $k_1 = 532,18 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \text{s/rad}$
- $k_2 = 532,18 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m/A}$

Los valores de B , k_1 y k_2 , se asumen como valores pequeños, teniendo en cuenta tomas de datos de diferentes laboratorios hechos por el autor, en semestres anteriores.

Con las funciones de transferencia y los parámetros del motor se puede diseñar en Matlab©, los controladores para el control de posición y velocidad.

Los resultados obtenidos en el software de simulación, arrojaron como resultado que los controladores a implementar para la posición y velocidad son:

- Controlador para la posición

Controlador	Tiempo de establecimiento	Sobrepaso	Acción de control
PD	0,004s	0	3000 V
PI	0,4s	1,8%	8,9 V
PID	1,1s	0	8,75 V

Tabla (8). Selección de controlador para la posición, del autor.

Dados los resultados de la tabla 8, el controlador a implementar para el motor de posición es el PID.

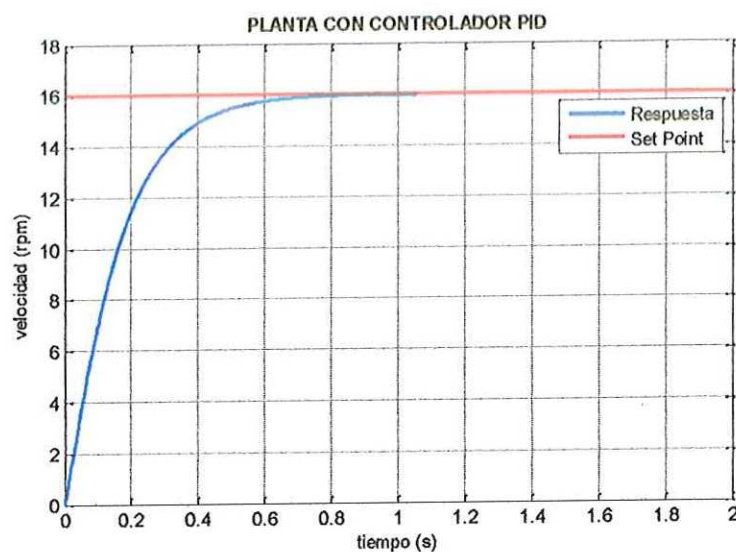


Fig. (22), Respuesta del sistema con controlador PID, del autor.

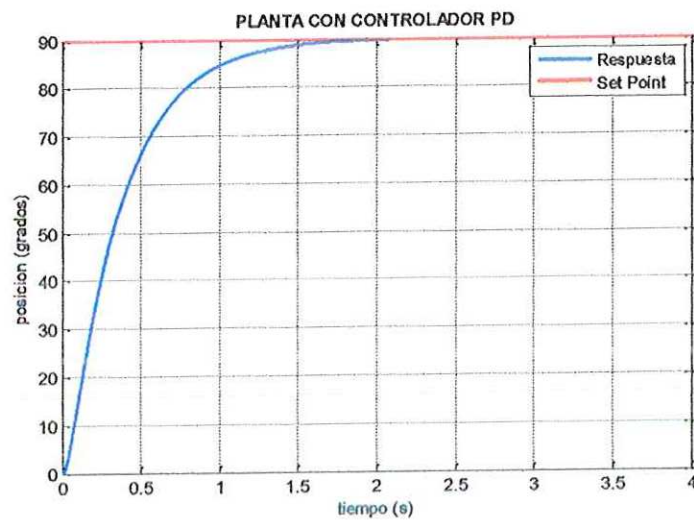


Fig. (24), Respuesta del sistema con controlador PD, del autor.

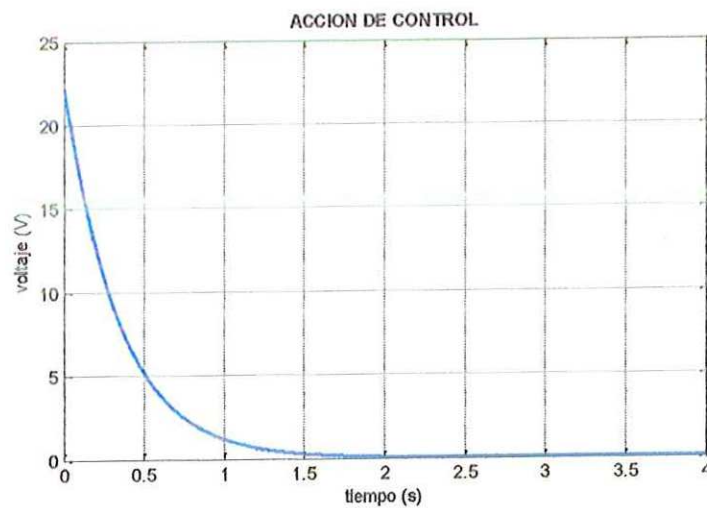


Fig. (25), Respuesta de la acción de control PD, del autor.

Los resultados obtenidos en el software Matlab©, pueden ser apreciados mas detalladamente en el Anexo 5.

3.5. Selección del PLC

El controlador lógico programable (PLC), que sea seleccionado debe procesar las señales de entrada y hacer efectiva una respuesta al sistema con precisión.

El sistema requiere de 20 entradas digitales que son las señales que provienen de los finales de carrera del sistema de traslación de la lámpara, adicional 3 entradas de contadores de pulsos, también son necesarias 60 salidas digitales para determinar el sentido de giro de los motores.

Las señales provenientes de los encoders deberán ser multiplexadas, debido a que ningún PLC ofrece 30 entradas contadoras de pulsos, que son las que el sistema requiere, es por eso que se reduce a 3 y se multiplexarán para poder hacer el tratamiento de las señales, será necesario entonces, adicionar 7 salidas digitales para la selección de la lámpara a operar.

Dado los requerimientos anteriores, se analizara la siguiente tabla.

PLC	Entradas Digitales	Salidas Digitales	Cont. de Pulsos	Ethernet	Modular
314C 2PN/DP - Siemens	24	16	4	Si	Si
QJ71E71-100 - Mitsubishi	0	0	0	Si	Si

Tabla (10). Selección del PLC, del autor.

Debido a que los sistemas son modulares (tabla 10), no es relevante que la CPU tenga entradas, salidas y contadores, dado que estos se pueden adicionar con los respectivos módulos. Aunque hay que tener en cuenta que el PLC Siemens en su CPU ya integra el contador de pulsos y algunas

entradas y salidas, por otra parte al PLC Mitsubishi, debemos adicionarle los módulos de entradas y salidas, los módulos contadores y los de comunicación inalámbrica. Respecto a lo anterior y basado en ocupar poco espacio y en el conocimiento de los PLC SIEMENS dado el manejo de estos en los laboratorios de la universidad, el dispositivo a usar será el 314C 2PN/DP - Siemens, al que debemos adicionar dos módulos SM322 de 32 salidas digitales y el modulo de Simatic Industrial Wireles LAN para cumplir con los requerimientos.

Las señales enviadas por los encoders, serán multiplexadas por medio de tres DIGIMUX 16, que cuenta con 16 entradas y 1 salida digital, 4 bits de selección y 1 bit de enable.



Fig. (26), Multiplexor DIGIMUX 16, tomado de <http://extras.siweb.es/637369/multiplexores/PD16%20Plus.pdf>.

3.6. Selección de la comunicación

La comunicación del sistema es fundamental, ya que de ello depende que no se presenten errores, es por eso que el dispositivo a seleccionar, debe tener la capacidad de comunicarse de forma inalámbrica con el PLC (controlador lógico programable), además de ser compacto y confiable.

Para esto analizaremos las siguientes opciones de cada una de las interfaces HMI, que se pueden verificar en el Anexo 6.

HMI REF	Compatibilidad	Inalámbrica
Mobile Panel 277F	No	Si
XBT GTW 750	Si	Si

Tabla (11). Selección de la interfaz HMI, del autor.

Las HMI que se estudiaron son de Siemens y Schneider respectivamente (tabla 11), la compatibilidad con otras marcas es importante, porque determina la flexibilidad del dispositivo, entonces de allí que el dispositivo seleccionado para la comunicación es el XBT GTW 750 de Schneider electric.

3.7. Selección fuente de alimentación

Para la selección de la fuente de alimentación es importante, no solo tener en cuenta el voltaje y la corriente de esta, sino también la potencia que entrega para garantizar que el sistema no tenga pérdidas de potencia y el voltaje sufra caídas, es por eso que se determina la potencia requerida mediante un circuito equivalente del sistema.

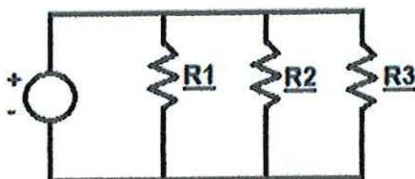


Fig. (27), Circuito equivalente motores, del autor.

Dado el circuito equivalente de la figura, sabemos que dos de los motores que componen el sistema son iguales, por lo cual el valor de potencia obtenido para uno de ellos será el mismo para el otro.

Debido a que los valores de los datos de los motores son asumidos, el cálculo de la potencia consumida se hará con el producto del voltaje y la corriente máxima de los motores.

$$P_1 = P_2 = 24V * 0,8A = 19,2W$$

$$P_3 = 24V * 3A = 72W$$

De esta manera tenemos que la potencia total consumida es:

$$P_T = 19,2 + 19,2 + 72 = 110,4W$$

El valor obtenido, es el de la potencia mínima que debe tener la fuente de alimentación, es por eso que el factor de seguridad a usar para la selección de la fuente será de 2,5. De esta forma se garantiza que el sistema funcione de forma óptima, además de permitir por tener un factor de seguridad elevado, modificaciones o mejoras futuras al sistema.

$$P_T = 110,4 * 2,5 = 276W$$

Dado el parámetro de potencia obtenido, es posible hacer la selección de la fuente de alimentación.

Fuente REF	Voltaje	Corriente	Potencia	Potencia máx.
SDR 480 - 24	24 V	20 A	480 W	720 W (3seg)
CP NT 432 24 18	24 V	18 A	432 W	432 W
CP NT 264 24 11	24 V	11 A	264 W	264 W

Tabla (12). Selección fuente de alimentación, del autor.

Respecto al valor de potencia requerido y dado que la corriente máxima que requiere el motor de traslación es de 3 A, la fuente de referencia CP NT 264 24 11, es la indicada, debido a que las demás opciones estarían por encima del factor de diseño y esto es sobredimensionar y sub utilizar el potencial de un elemento.



Fig. (28), Fuente de alimentación, tomado de catalogo, disponible en [http://catalog.weidmueller.com/procat/Product.jsp;jsessionid=B4C7EF7391BB4A299AF1B9CD56748B42?productId=\(%5b8575310000%5d\)&page=Product](http://catalog.weidmueller.com/procat/Product.jsp;jsessionid=B4C7EF7391BB4A299AF1B9CD56748B42?productId=(%5b8575310000%5d)&page=Product).

Conclusiones

Los factores de seguridad que se denotan en los cálculos y procesos de selección hacen referencia al criterio del diseñador, así como a la seguridad y confiabilidad que enmarcaría el sistema una vez ejecutadas las modificaciones respectivas a mejora.

Para los sistemas de posición y orientación se seleccionaron los controladores PID y PD respectivamente, porque no presentaron sobrepaso y la acción de control se situaba dentro del rango de 24V, el tiempo de establecimiento no se tomo como criterio relevante debido a que el modelo obtenido de los motores es un modelo aproximado y esto hace que solo se puedan obtener aproximaciones del sistema real.

La selección del PLC, se determino teniendo en cuenta como característica principal, que el sistema era modular, aunque en la selección fue determinante el conocimiento de los dispositivos SIEMENS adquiridos mediante las prácticas de laboratorio.

La selección de los motores, es un proceso lento, dado que en el mercado hay gran variedad de proveedores y motores que cumplen con requerimientos como el voltaje y el torque, pero una vez incluido el parámetro de corriente máxima, es posible hacer una selección mas detallada según el criterio del diseñador.

En todo proceso de selección es necesario analizar si el dispositivo o pieza a seleccionar, afecta mi sistema o el criterio de selección de otro elemento, dado que todos los componentes deben ser compatibles para el montaje y puesta en marcha del sistema.

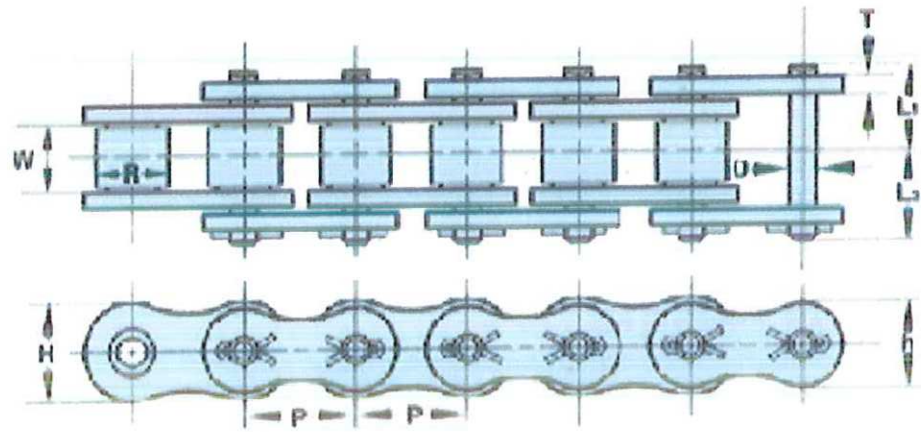
Tsubaki

Cadenas de Rodillos Norma ASA en Simple Hilera

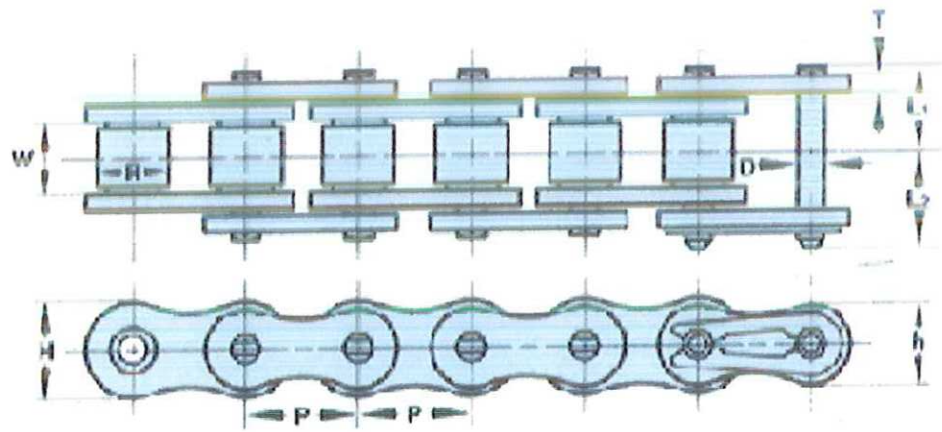
CADENAS DE RODILLOS NORMA ANSI
 Las cadenas TSUBAKI serie 80 simples y múltiples, de acuerdo con las normas ANSI (American National Standards Institute), son intercambiables con cualquier otra cadena conforme a norma ANSI. Con las cadenas de rodillo de las series 80 TSUBAKI celebra su 80 aniversario de constante mejora de su calidad para la satisfacción de su clientela.

Referencia TSUBAKI	ANSI	Paso P	Diámetro Rodillo (R)	Ancho Interior Mínimo (W)	Placas			Perno		Carga de Trabajo Máxima N (kgf)	Peso Aproximado (kg/m)	Pasos por 5mt		
					Esesor T	Altura H	Altura h	Diámetro D	De Cabeza de Perno a centro L1				De Cabeza de Perno a centro L2	
Cadenas de Rodillos Norma ASA en Simple Hilera														
RS25 *	25	6.35	3.30	3.18	0.75	5.84	5.05	2.31	3.80	4.80	4.71 (480)	640 (65)	0.14	480
RS35 *	35	9.525	5.08	4.78	1.25	9.0	7.8	3.59	5.85	6.85	11.3 (1,150)	2,160 (220)	0.33	32
RS41 *	41	12.70	7.77	6.38	1.25	9.8	8.4	3.59	6.75	7.95	11.8 (1,200)	2,280 (230)	0.41	240
RS40 *	40	12.70	7.94	7.95	1.5	12.0	10.4	3.97	8.25	9.95	19.1 (1,950)	3,630 (370)	0.64	240
RS50	50	15.875	10.16	9.53	2.0	15.0	13.0	5.09	10.3	12.0	31.4 (3,200)	6,370 (650)	1.04	192
RS60	60	19.05	11.91	12.70	2.4	18.1	15.6	5.96	12.85	14.75	44.1 (4,500)	8,830 (900)	1.53	160
RS80	80	25.40	15.88	15.88	3.2	24.1	20.8	7.94	16.25	19.25	78.5 (8,000)	14,700 (1,500)	2.66	120
RS100	100	31.75	19.05	19.05	4.0	30.1	28.0	9.54	19.75	22.85	118.0 (12,000)	22,600 (2,300)	3.89	96
RS120	120	38.10	22.23	25.40	4.8	36.2	31.2	11.11	24.9	28.9	167.0 (17,000)	30,400 (3,100)	5.63	80
RS140	140	44.45	25.40	25.40	5.6	42.2	38.4	12.71	26.9	31.7	216.0 (22,000)	40,200 (4,100)	7.49	68
RS160	160	50.80	28.58	31.75	6.4	48.2	41.6	14.29	31.85	36.85	270.0 (27,500)	53,000 (5,400)	10.10	60
RS180	180	57.15	35.71	35.72	7.15	54.2	48.8	17.46	35.654	42.45	358.0 (36,500)	60,800 (6,200)	3.45	54
RS200	200	63.50	38.69	38.10	8.0	60.3	52.0	19.85	39.0	44.8	461.0 (47,000)	71,600 (7,300)	6.49	48
RS240	240	76.20	47.63	47.63	9.5	72.4	62.4	23.81	47.9	55.5	677.0 (69,000)	99,000 (10,100)	4.5	40

Dimensiones en mm.
 NOTA: * Cadena sin Rodillo - & Sólo Remachada



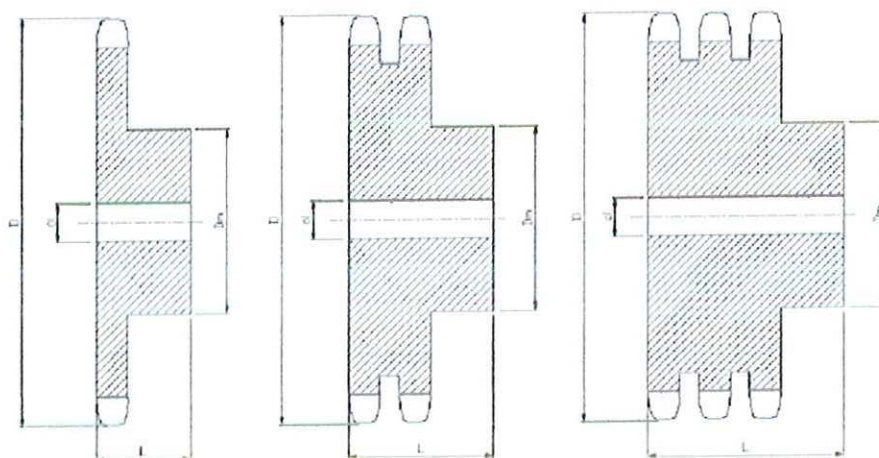
TIPO DESMONTABLE



TIPO REMACHADO

ANEXO 2

PIÑONES PARA CADENA ANSI No. 50



REF	D	SENCILLOS			REF	DOBLES			REF	TRIPLES		
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d
50B9R	52,1	41	26	15,88	50-2B9 R	29-44	41	15,88	50-3B9 R	29-44	64	15,88
50B10R	57,4	40	26	15,88	50-2B10	34	44	15,88	50-3B10 R	34	64	15,88
50B11R	62,5	45	26	15,88	50-2B11	38	45	15,88	50-3B11 R	38	64	15,88
50B12R	67,8	51	26	15,88	50-2B12	43	45	15,88	50-3B12R	43	64	15,88
50B13	72,9	48	26	15,88	50-2B13	48	45	15,88	50-3B13R	48	64	15,88
50B14	78,2	54	26	15,88	50-2B14	52	54	15,88	50-3B14	52	64	15,88
50B15	83,3	60	26	15,88	50-2B15	59	45	19,05	50-3B15	59	64	19,05
50B16	88,4	63	26	15,88	50-2B16	64	44	19,05	50-3B16	64	64	19,05
50B17	93,5	68	25	15,88	50-2B17	68	44	19,05	50-3B17	68	64	19,05
50B18	98,6	68	25	15,88	50-2B18	75	45	19,05	50-3B18	75	64	19,05
50B19	103,6	73	25	15,88	50-2B19	79	45	25,40	50-3B19	79	64	25,40
50B20	108,7	76	25	19,05	50-2B20	82	44	25,40	50-3B20	82	64	25,40
50B21	113,8	76	25	19,05	50-2B21	89	45	25,40	50-3B21	89	67	25,40
50B22	118,9	76	25	19,05	50-2B22	91	48	25,40	50-3B22	91	67	25,40
50B23	124,0	76	25	19,05	50-2B23	92	48	25,40	50-3B23	92	67	25,40
50B24	129,0	76	32	19,05	50-2B24	92	48	25,40	50-3B24	92	67	25,40
50B25	134,1	76	32	19,05	50-2B25	92	47	25,40	50-3B25	92	67	25,40
50B26	139,2	76	32	19,05	50-2B26	95	48	25,40	50-3B26	95	67	25,40
50B27	144,3	76	32	19,05	50-2B27	95	48	25,40	50-3B27	95	67	25,40
50B28	149,4	76	32	19,05	50-2B28	95	48	25,40	50-3B28	95	67	25,40
50B29	154,4	90	25	19,05	50-2B29	95	48	25,40	50-3B29	95	67	25,40
50B30	159,5	82	32	19,05	50-2B30	95	48	25,40	50-3B30	95	67	25,40
50B31	164,6	83	32	19,05	50-2B31	95	48	25,40	50-3B31	95	67	25,40
50B32	169,7	83	32	19,05	50-2B32	95	49	25,40	50-3B32	95	67	25,40
50B33	175,7	83	32	19,05	50-2B33	95	48	25,40	50-3B33	95	67	25,40
50B34	179,8	83	32	19,05	50-2B34	95	48	25,40	50-3B34	95	67	25,40
50B35	184,9	83	32	19,05	50-2B35	95	48	25,40	50-3B35	95	67	25,40
50B36	190,0	83	35	15,88	50-2B36	102	54	30,16	50-3B36	102	67	30,16
50B37	195,0	83	32	19,05	50-2B37	102	54	30,16	50-3B37	102	70	30,16
50B38	200,2	83	32	19,05	50-2B38	102	54	30,16	50-3B38	102	70	30,16
50B39	205,2	83	35	19,05	50-2B39	102	54	30,16	50-3B39	102	70	30,16
50B40	210,3	83	32	19,05	50-2B40	102	54	30,16	50-3B40	102	70	30,16

50B41	215,4	83	32	19,05	50-2841	102	54	30,16	50-3841	102	70	30,16
50B42	220,2	83	32	19,05	50-2842	102	54	30,16	50-3842	102	70	30,16
50B43	225,3	82	32	19,05	50-2843	102	54	30,16	50-3843	102	70	30,16
50B44	230,4	83	32	19,05	50-2844	102	54	30,16	50-3844	102	70	30,16
50B45	235,5	95	32	19,05	50-2845	102	54	30,16	50-3845	102	70	30,16
50B46	240,5	84	35	19,05	50-2846	102	54	30,16	50-3846	102	70	30,16
50B47	245,6	95	32	19,05	50-2847	102	54	30,16	50-3847	102	70	30,16
50B48	250,7	95	32	25,40	50-2848	108	50	30,16	50-3848	108	70	30,16
50B49	255,8	95	32	25,40	50-2849	102	54	30,16	50-3849	102	70	30,16
50B50	260,9	95	32	25,40	50-2850	108	61	30,16	50-3850	108	70	30,16
50B51	265,9	95	32	25,40	50-2851	108	61	30,16	50-3851	108	70	30,16
50B52	271,0	95	32	25,40	50-2852	108	61	25,40	50-3852	108	70	30,16
50B53	276,3	95	32	25,40	50-2853	108	61	25,40	50-3853	108	70	30,16
50B54	281,2	95	32	25,40	50-2854	108	61	25,40	50-3854	108	70	30,16
50B55	286,1	95	32	25,40	50-2855	108	61	25,40	50-3855	108	70	30,16
50B56	291,1	95	32	25,40	50-2856	108	61	25,40	50-3856	108	70	30,16
50B57	296,2	95	32	25,40	50-2857	108	61	25,40	50-3857	108	70	30,16
50B58	301,2	95	32	25,40	50-2858	108	61	31,75	50-3858	108	70	31,75
50B59	306,4	95	32	25,40	50-2859	108	61	31,75	50-3859	108	70	31,75
50B60	311,4	95	32	25,40	50-2860	114	61	31,75	50-3860	114	70	31,75
50B61	316,5	95	32	25,40	50-2861	114	61	31,75	50-3861	114	70	31,75
50B62	321,6	95	32	25,40	50-2862	114	61	31,75	50-3862	114	70	31,75
50B63	326,6	95	32	25,40	50-2863	114	61	31,75	50-3863	114	70	31,75
50B64	331,6	95	32	25,40	50-2864	114	61	31,75	50-3864	114	70	31,75
50B65	336,8	95	32	25,40	50-2865	114	61	31,75	50-3865	114	70	31,75
50B66	341,9	98	48	25,40	50-2866	114	61	31,75	50-3866	114	70	31,75
50B67	346,9	95	32	25,40	50-2867	114	61	31,75	50-3867	114	70	31,75
50B68	351,9	95	32	25,40	50-2868	114	61	31,75	50-3868	114	70	31,75
50B69	356,9	95	33	25,40	50-2869	114	61	31,75	50-3869	114	70	31,75
50B70	362,0	95	45	25,40	50-2870	114	61	31,75	50-3870	114	70	31,75
50B71	367,0	95	45	25,40	50-2871	114	61	31,75	50-3871	114	70	31,75
50B72	372,1	95	45	25,40	50-2872	114	61	31,75	50-3872	114	70	31,75
50B73	377,2	95	45	25,40	50-2873	114	61	31,75	50-3873	114	70	31,75
50B74	382,3	95	45	25,40	50-2874	114	61	31,75	50-3874	114	70	31,75
50B75	387,3	95	45	25,40	50-2875	114	61	31,75	50-3875	114	70	31,75
50B76	392,3	95	45	25,40	50-2876	114	61	31,75	50-3876	114	70	31,75
50B77	397,4	95	45	25,40	50-2877	114	61	31,75	50-3877	114	70	31,75
50B78	402,4	95	45	25,40	50-2878	114	61	31,75	50-3878	114	70	31,75
50B79	407,5	108	45	25,40	50-2879	114	61	31,75	50-3879	114	70	31,75
50B80	412,5	108	45	31,75	50-2880	114	61	31,75	50-3880	114	70	31,75
50B82	422,7	108	45	31,75	50-2882	114	61	31,75	50-3882	114	70	31,75
50B84	432,8	108	45	31,75	50-2884	114	61	31,75	50-3884	114	70	31,75
50B86	442,7	108	45	31,75	50-2886	114	61	31,75	50-3886	114	70	31,75
50B88	463,1	108	45	31,75	50-2890	114	61	31,75	50-3890	114	70	31,75
50B95	488,4	108	45	31,75	50-2895	114	61	31,75	50-3895	114	70	31,75
50B96	493,5	108	45	31,75	50-2896	114	61	31,75	50-3896	114	73	31,75
50B112	575,3	108	45	31,75	50-2B112	114	61	31,75	50-3B112	114	73	31,75
50B114	584,5	108	45	31,75	50-2B114	114	61	31,75	50-3B114	114	73	31,75

ANEXO 3

Cálculo del factor de seguridad

REF.	d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m ⁴)	σ (N/m ²)	Sy	nd
	1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,0032	8E-11	2,2E+09	2,6E+08	0,11788
	5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,004	2E-10	1,1E+09	2,6E+08	0,23243
	3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,0048	4E-10	6,4E+08	2,6E+08	0,40419
	7/16	0,0111	0,00555	54,145	0,0056	7E-10	4E+08	2,6E+08	0,64474
	1/2	0,0127	0,00635	54,145	0,0064	1E-09	2,7E+08	2,6E+08	0,96566
	9/16	0,0143	0,00715	54,145	0,0072	2E-09	1,9E+08	2,6E+08	1,37855
	5/8	0,0159	0,00795	54,145	0,008	3E-09	1,4E+08	2,6E+08	1,89499
	11/16	0,0175	0,00875	54,145	0,0088	5E-09	1E+08	2,6E+08	2,52656
	3/4	0,0191	0,00955	54,145	0,0096	7E-09	7,9E+07	2,6E+08	3,28485
	13/16	0,0206	0,0103	54,145	0,0103	9E-09	6,3E+07	2,6E+08	4,12113
	7/8	0,0222	0,0111	54,145	0,0111	1E-08	5E+07	2,6E+08	5,15791
	15/16	0,0238	0,0119	54,145	0,0119	2E-08	4,1E+07	2,6E+08	6,35544
	1	0,0254	0,0127	54,145	0,0127	2E-08	3,4E+07	2,6E+08	7,72531
	1 1/16	0,027	0,0135	54,145	0,0135	3E-08	2,8E+07	2,6E+08	9,27911
	1 1/8	0,0286	0,0143	54,145	0,0143	3E-08	2,4E+07	2,6E+08	11,0284
	1 3/16	0,0302	0,0151	54,145	0,0151	4E-08	2E+07	2,6E+08	12,9848
	1 1/4	0,0318	0,0159	54,145	0,0159	5E-08	1,7E+07	2,6E+08	15,1599
	1 5/16	0,0333	0,01665	54,145	0,0167	6E-08	1,5E+07	2,6E+08	17,4079
	1 3/8	0,0349	0,01745	54,145	0,0175	7E-08	1,3E+07	2,6E+08	20,0397
	1 7/16	0,0365	0,01825	54,145	0,0183	9E-08	1,1E+07	2,6E+08	22,9242
	1 1/2	0,0381	0,01905	54,145	0,0191	1E-07	9972029	2,6E+08	26,0729
	1 5/8	0,0413	0,02065	54,145	0,0207	1E-07	7829036	2,6E+08	33,2097
	1 3/4	0,0445	0,02225	54,145	0,0223	2E-07	6258618	2,6E+08	41,5427
	1 7/8	0,0477	0,02385	54,145	0,0239	3E-07	5081633	2,6E+08	51,1647
	2	0,0508	0,0254	54,145	0,0254	3E-07	4206950	2,6E+08	61,8025
	2 1/4	0,0572	0,0286	54,145	0,0286	5E-07	2946934	2,6E+08	88,2273
	2 3/8	0,0603	0,03015	54,145	0,0302	6E-07	2515397	2,6E+08	103,363
	2 1/2	0,0635	0,03175	54,145	0,0318	8E-07	2153958	2,6E+08	120,708
	2 5/8	0,0667	0,03335	54,145	0,0334	1E-06	1858579	2,6E+08	139,892
	2 3/4	0,0699	0,03495	54,145	0,035	1E-06	1614830	2,6E+08	161,008
	2 7/8	0,073	0,0365	54,145	0,0365	1E-06	1417718	2,6E+08	183,393
	3	0,0762	0,0381	54,145	0,0381	2E-06	1246504	2,6E+08	208,583
	3 1/4	0,0825	0,04125	54,145	0,0413	2E-06	982193	2,6E+08	264,714
	3 1/2	0,0889	0,04445	54,145	0,0445	3E-06	784970	2,6E+08	331,223
	3 3/4	0,0952	0,0476	54,145	0,0476	4E-06	639216	2,6E+08	406,748
	4	0,1016	0,0508	54,145	0,0508	5E-06	525869	2,6E+08	494,42

AISI 1030

Cálculo del factor de seguridad

REF	d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m ⁴)	σ (N/m ²)	Sy	nd
	1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,0032	8E-11	2,2E+09	2,7E+08	0,12241
	5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,004	2E-10	1,1E+09	2,7E+08	0,24137
	3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,0048	4E-10	6,4E+08	2,7E+08	0,41974
	7/16	0,0111	0,00555	54,145	0,0056	7E-10	4E+08	2,7E+08	0,66954
	1/2	0,0127	0,00635	54,145	0,0064	1E-09	2,7E+08	2,7E+08	1,0028
	9/16	0,0143	0,00715	54,145	0,0072	2E-09	1,9E+08	2,7E+08	1,43157
	5/8	0,0159	0,00795	54,145	0,008	3E-09	1,4E+08	2,7E+08	1,96787
	11/16	0,0175	0,00875	54,145	0,0088	5E-09	1E+08	2,7E+08	2,62373
	3/4	0,0191	0,00955	54,145	0,0096	7E-09	7,9E+07	2,7E+08	3,41119
	13/16	0,0206	0,0103	54,145	0,0103	9E-09	6,3E+07	2,7E+08	4,27964
	7/8	0,0222	0,0111	54,145	0,0111	1E-08	5E+07	2,7E+08	5,35629
	15/16	0,0238	0,0119	54,145	0,0119	2E-08	4,1E+07	2,7E+08	6,59988
	1	0,0254	0,0127	54,145	0,0127	2E-08	3,4E+07	2,7E+08	8,02244
	1 1/16	0,027	0,0135	54,145	0,0135	3E-08	2,8E+07	2,7E+08	9,636
	1 1/8	0,0286	0,0143	54,145	0,0143	3E-08	2,4E+07	2,7E+08	11,4526
	1 3/16	0,0302	0,0151	54,145	0,0151	4E-08	2E+07	2,7E+08	13,4842
	1 1/4	0,0318	0,0159	54,145	0,0159	5E-08	1,7E+07	2,7E+08	15,743
	1 5/16	0,0333	0,01665	54,145	0,0167	6E-08	1,5E+07	2,7E+08	18,0775
	1 3/8	0,0349	0,01745	54,145	0,0175	7E-08	1,3E+07	2,7E+08	20,8105
	1 7/16	0,0365	0,01825	54,145	0,0183	9E-08	1,1E+07	2,7E+08	23,8059
	1 1/2	0,0381	0,01905	54,145	0,0191	1E-07	9972029	2,7E+08	27,0757
	1 5/8	0,0413	0,02065	54,145	0,0207	1E-07	7829036	2,7E+08	34,487
	1 3/4	0,0445	0,02225	54,145	0,0223	2E-07	6258618	2,7E+08	43,1405
	1 7/8	0,0477	0,02385	54,145	0,0239	3E-07	5081633	2,7E+08	53,1325
	2	0,0508	0,0254	54,145	0,0254	3E-07	4206950	2,7E+08	64,1795
	2 1/4	0,0572	0,0286	54,145	0,0286	5E-07	2946934	2,7E+08	91,6207
	2 3/8	0,0603	0,03015	54,145	0,0302	6E-07	2515397	2,7E+08	107,339
	2 1/2	0,0635	0,03175	54,145	0,0318	8E-07	2153958	2,7E+08	125,351
	2 5/8	0,0667	0,03335	54,145	0,0334	1E-06	1858579	2,7E+08	145,272
	2 3/4	0,0699	0,03495	54,145	0,035	1E-06	1614830	2,7E+08	167,2
	2 7/8	0,073	0,0365	54,145	0,0365	1E-06	1417718	2,7E+08	190,447
	3	0,0762	0,0381	54,145	0,0381	2E-06	1246504	2,7E+08	216,606
	3 1/4	0,0825	0,04125	54,145	0,0413	2E-06	982193	2,7E+08	274,895
	3 1/2	0,0889	0,04445	54,145	0,0445	3E-06	784970	2,7E+08	343,962
	3 3/4	0,0952	0,0476	54,145	0,0476	4E-06	639216	2,7E+08	422,392
	4	0,1016	0,0508	54,145	0,0508	5E-06	525869	2,7E+08	513,436

AISI 1035

Cálculo del factor de seguridad

REF	d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m ⁴)	σ (N/m ²)	Sy	nd
	1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,0032	8E-11	2,2E+09	2,9E+08	0,13148
	5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,004	2E-10	1,1E+09	2,9E+08	0,25925
	3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,0048	4E-10	6,4E+08	2,9E+08	0,45083
	7/16	0,0111	0,00555	54,145	0,0056	7E-10	4E+08	2,9E+08	0,71913
	1/2	0,0127	0,00635	54,145	0,0064	1E-09	2,7E+08	2,9E+08	1,07709
	9/16	0,0143	0,00715	54,145	0,0072	2E-09	1,9E+08	2,9E+08	1,53762
	5/8	0,0159	0,00795	54,145	0,008	3E-09	1,4E+08	2,9E+08	2,11364
	11/16	0,0175	0,00875	54,145	0,0088	5E-09	1E+08	2,9E+08	2,81808
	3/4	0,0191	0,00955	54,145	0,0096	7E-09	7,9E+07	2,9E+08	3,66387
	13/16	0,0206	0,0103	54,145	0,0103	9E-09	6,3E+07	2,9E+08	4,59665
	7/8	0,0222	0,0111	54,145	0,0111	1E-08	5E+07	2,9E+08	5,75305
	15/16	0,0238	0,0119	54,145	0,0119	2E-08	4,1E+07	2,9E+08	7,08876
	1	0,0254	0,0127	54,145	0,0127	2E-08	3,4E+07	2,9E+08	8,61669
	1 1/16	0,027	0,0135	54,145	0,0135	3E-08	2,8E+07	2,9E+08	10,3498
	1 1/8	0,0286	0,0143	54,145	0,0143	3E-08	2,4E+07	2,9E+08	12,3009
	1 3/16	0,0302	0,0151	54,145	0,0151	4E-08	2E+07	2,9E+08	14,4831
	1 1/4	0,0318	0,0159	54,145	0,0159	5E-08	1,7E+07	2,9E+08	16,9091
	1 5/16	0,0333	0,01665	54,145	0,0167	6E-08	1,5E+07	2,9E+08	19,4166
	1 3/8	0,0349	0,01745	54,145	0,0175	7E-08	1,3E+07	2,9E+08	22,352
	1 7/16	0,0365	0,01825	54,145	0,0183	9E-08	1,1E+07	2,9E+08	25,5693
	1 1/2	0,0381	0,01905	54,145	0,0191	1E-07	9972029	2,9E+08	29,0813
	1 5/8	0,0413	0,02065	54,145	0,0207	1E-07	7829036	2,9E+08	37,0416
	1 3/4	0,0445	0,02225	54,145	0,0223	2E-07	6258618	2,9E+08	46,3361
	1 7/8	0,0477	0,02385	54,145	0,0239	3E-07	5081633	2,9E+08	57,0683
	2	0,0508	0,0254	54,145	0,0254	3E-07	4206950	2,9E+08	68,9336
	2 1/4	0,0572	0,0286	54,145	0,0286	5E-07	2946934	2,9E+08	98,4074
	2 3/8	0,0603	0,03015	54,145	0,0302	6E-07	2515397	2,9E+08	115,29
	2 1/2	0,0635	0,03175	54,145	0,0318	8E-07	2153958	2,9E+08	134,636
	2 5/8	0,0667	0,03335	54,145	0,0334	1E-06	1858579	2,9E+08	156,033
	2 3/4	0,0699	0,03495	54,145	0,035	1E-06	1614830	2,9E+08	179,585
	2 7/8	0,073	0,0365	54,145	0,0365	1E-06	1417718	2,9E+08	204,554
	3	0,0762	0,0381	54,145	0,0381	2E-06	1246504	2,9E+08	232,651
	3 1/4	0,0825	0,04125	54,145	0,0413	2E-06	982193	2,9E+08	295,258
	3 1/2	0,0889	0,04445	54,145	0,0445	3E-06	784970	2,9E+08	369,441
	3 3/4	0,0952	0,0476	54,145	0,0476	4E-06	639216	2,9E+08	453,681
	4	0,1016	0,0508	54,145	0,0508	5E-06	525869	2,9E+08	551,468

AISI 1040

Cálculo del factor de seguridad

REF	d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m ⁴)	σ (N/m ²)	Sy	nd
	1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,0032	8E-11	2,2E+09	3,1E+08	0,14055
	5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,004	2E-10	1,1E+09	3,1E+08	0,27713
	3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,0048	4E-10	6,4E+08	3,1E+08	0,48192
	7/16	0,0111	0,00555	54,145	0,0056	7E-10	4E+08	3,1E+08	0,76873
	1/2	0,0127	0,00635	54,145	0,0064	1E-09	2,7E+08	3,1E+08	1,15137
	9/16	0,0143	0,00715	54,145	0,0072	2E-09	1,9E+08	3,1E+08	1,64366
	5/8	0,0159	0,00795	54,145	0,008	3E-09	1,4E+08	3,1E+08	2,25941
	11/16	0,0175	0,00875	54,145	0,0088	5E-09	1E+08	3,1E+08	3,01243
	3/4	0,0191	0,00955	54,145	0,0096	7E-09	7,9E+07	3,1E+08	3,91655
	13/16	0,0206	0,0103	54,145	0,0103	9E-09	6,3E+07	3,1E+08	4,91366
	7/8	0,0222	0,0111	54,145	0,0111	1E-08	5E+07	3,1E+08	6,14982
	15/16	0,0238	0,0119	54,145	0,0119	2E-08	4,1E+07	3,1E+08	7,57764
	1	0,0254	0,0127	54,145	0,0127	2E-08	3,4E+07	3,1E+08	9,21095
	1 1/16	0,027	0,0135	54,145	0,0135	3E-08	2,8E+07	3,1E+08	11,0636
	1 1/8	0,0286	0,0143	54,145	0,0143	3E-08	2,4E+07	3,1E+08	13,1493
	1 3/16	0,0302	0,0151	54,145	0,0151	4E-08	2E+07	3,1E+08	15,4819
	1 1/4	0,0318	0,0159	54,145	0,0159	5E-08	1,7E+07	3,1E+08	18,0753
	1 5/16	0,0333	0,01665	54,145	0,0167	6E-08	1,5E+07	3,1E+08	20,7556
	1 3/8	0,0349	0,01745	54,145	0,0175	7E-08	1,3E+07	3,1E+08	23,8935
	1 7/16	0,0365	0,01825	54,145	0,0183	9E-08	1,1E+07	3,1E+08	27,3327
	1 1/2	0,0381	0,01905	54,145	0,0191	1E-07	9972029	3,1E+08	31,087
	1 5/8	0,0413	0,02065	54,145	0,0207	1E-07	7829036	3,1E+08	39,5962
	1 3/4	0,0445	0,02225	54,145	0,0223	2E-07	6258618	3,1E+08	49,5317
	1 7/8	0,0477	0,02385	54,145	0,0239	3E-07	5081633	3,1E+08	61,004
	2	0,0508	0,0254	54,145	0,0254	3E-07	4206950	3,1E+08	73,6876
	2 1/4	0,0572	0,0286	54,145	0,0286	5E-07	2946934	3,1E+08	105,194
	2 3/8	0,0603	0,03015	54,145	0,0302	6E-07	2515397	3,1E+08	123,241
	2 1/2	0,0635	0,03175	54,145	0,0318	8E-07	2153958	3,1E+08	143,921
	2 5/8	0,0667	0,03335	54,145	0,0334	1E-06	1858579	3,1E+08	166,794
	2 3/4	0,0699	0,03495	54,145	0,035	1E-06	1614830	3,1E+08	191,971
	2 7/8	0,073	0,0365	54,145	0,0365	1E-06	1417718	3,1E+08	218,661
	3	0,0762	0,0381	54,145	0,0381	2E-06	1246504	3,1E+08	248,696
	3 1/4	0,0825	0,04125	54,145	0,0413	2E-06	982193	3,1E+08	315,62
	3 1/2	0,0889	0,04445	54,145	0,0445	3E-06	784970	3,1E+08	394,919
	3 3/4	0,0952	0,0476	54,145	0,0476	4E-06	639216	3,1E+08	484,969
	4	0,1016	0,0508	54,145	0,0508	5E-06	525869	3,1E+08	589,501

AISI 1045

Cálculo del factor de seguridad

REF	d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m ⁴)	σ (N/m ²)	Sy	nd
	1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,0032	8E-11	2,2E+09	3,4E+08	0,15415
	5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,004	2E-10	1,1E+09	3,4E+08	0,30395
	3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,0048	4E-10	6,4E+08	3,4E+08	0,52856
	7/16	0,0111	0,00555	54,145	0,0056	7E-10	4E+08	3,4E+08	0,84312
	1/2	0,0127	0,00635	54,145	0,0064	1E-09	2,7E+08	3,4E+08	1,26279
	9/16	0,0143	0,00715	54,145	0,0072	2E-09	1,9E+08	3,4E+08	1,80272
	5/8	0,0159	0,00795	54,145	0,008	3E-09	1,4E+08	3,4E+08	2,47806
	11/16	0,0175	0,00875	54,145	0,0088	5E-09	1E+08	3,4E+08	3,30396
	3/4	0,0191	0,00955	54,145	0,0096	7E-09	7,9E+07	3,4E+08	4,29557
	13/16	0,0206	0,0103	54,145	0,0103	9E-09	6,3E+07	3,4E+08	5,38917
	7/8	0,0222	0,0111	54,145	0,0111	1E-08	5E+07	3,4E+08	6,74496
	15/16	0,0238	0,0119	54,145	0,0119	2E-08	4,1E+07	3,4E+08	8,31096
	1	0,0254	0,0127	54,145	0,0127	2E-08	3,4E+07	3,4E+08	10,1023
	1 1/16	0,027	0,0135	54,145	0,0135	3E-08	2,8E+07	3,4E+08	12,1342
	1 1/8	0,0286	0,0143	54,145	0,0143	3E-08	2,4E+07	3,4E+08	14,4218
	1 3/16	0,0302	0,0151	54,145	0,0151	4E-08	2E+07	3,4E+08	16,9801
	1 1/4	0,0318	0,0159	54,145	0,0159	5E-08	1,7E+07	3,4E+08	19,8245
	1 5/16	0,0333	0,01665	54,145	0,0167	6E-08	1,5E+07	3,4E+08	22,7642
	1 3/8	0,0349	0,01745	54,145	0,0175	7E-08	1,3E+07	3,4E+08	26,2058
	1 7/16	0,0365	0,01825	54,145	0,0183	9E-08	1,1E+07	3,4E+08	29,9778
	1 1/2	0,0381	0,01905	54,145	0,0191	1E-07	9972029	3,4E+08	34,0954
	1 5/8	0,0413	0,02065	54,145	0,0207	1E-07	7829036	3,4E+08	43,4281
	1 3/4	0,0445	0,02225	54,145	0,0223	2E-07	6258618	3,4E+08	54,3251
	1 7/8	0,0477	0,02385	54,145	0,0239	3E-07	5081633	3,4E+08	66,9076
	2	0,0508	0,0254	54,145	0,0254	3E-07	4206950	3,4E+08	80,8186
	2 1/4	0,0572	0,0286	54,145	0,0286	5E-07	2946934	3,4E+08	115,374
	2 3/8	0,0603	0,03015	54,145	0,0302	6E-07	2515397	3,4E+08	135,168
	2 1/2	0,0635	0,03175	54,145	0,0318	8E-07	2153958	3,4E+08	157,849
	2 5/8	0,0667	0,03335	54,145	0,0334	1E-06	1858579	3,4E+08	182,935
	2 3/4	0,0699	0,03495	54,145	0,035	1E-06	1614830	3,4E+08	210,548
	2 7/8	0,073	0,0365	54,145	0,0365	1E-06	1417718	3,4E+08	239,822
	3	0,0762	0,0381	54,145	0,0381	2E-06	1246504	3,4E+08	272,763
	3 1/4	0,0825	0,04125	54,145	0,0413	2E-06	982193	3,4E+08	346,164
	3 1/2	0,0889	0,04445	54,145	0,0445	3E-06	784970	3,4E+08	433,137
	3 3/4	0,0952	0,0476	54,145	0,0476	4E-06	639216	3,4E+08	531,902
	4	0,1016	0,0508	54,145	0,0508	5E-06	525869	3,4E+08	646,549

AISI 1050

Cálculo del factor de seguridad

REF	d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m^4)	σ (N/m^2)	Sy	nd
	1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,0032	8E-11	2,2E+09	3,7E+08	0,16775
	5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,004	2E-10	1,1E+09	3,7E+08	0,33077
	3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,0048	4E-10	6,4E+08	3,7E+08	0,57519
	7/16	0,0111	0,00555	54,145	0,0056	7E-10	4E+08	3,7E+08	0,91751
	1/2	0,0127	0,00635	54,145	0,0064	1E-09	2,7E+08	3,7E+08	1,37421
	9/16	0,0143	0,00715	54,145	0,0072	2E-09	1,9E+08	3,7E+08	1,96178
	5/8	0,0159	0,00795	54,145	0,008	3E-09	1,4E+08	3,7E+08	2,69671
	11/16	0,0175	0,00875	54,145	0,0088	5E-09	1E+08	3,7E+08	3,59548
	3/4	0,0191	0,00955	54,145	0,0096	7E-09	7,9E+07	3,7E+08	4,67459
	13/16	0,0206	0,0103	54,145	0,0103	9E-09	6,3E+07	3,7E+08	5,86469
	7/8	0,0222	0,0111	54,145	0,0111	1E-08	5E+07	3,7E+08	7,3401
	15/16	0,0238	0,0119	54,145	0,0119	2E-08	4,1E+07	3,7E+08	9,04428
	1	0,0254	0,0127	54,145	0,0127	2E-08	3,4E+07	3,7E+08	10,9937
	1 1/16	0,027	0,0135	54,145	0,0135	3E-08	2,8E+07	3,7E+08	13,2049
	1 1/8	0,0286	0,0143	54,145	0,0143	3E-08	2,4E+07	3,7E+08	15,6943
	1 3/16	0,0302	0,0151	54,145	0,0151	4E-08	2E+07	3,7E+08	18,4784
	1 1/4	0,0318	0,0159	54,145	0,0159	5E-08	1,7E+07	3,7E+08	21,5737
	1 5/16	0,0333	0,01665	54,145	0,0167	6E-08	1,5E+07	3,7E+08	24,7728
	1 3/8	0,0349	0,01745	54,145	0,0175	7E-08	1,3E+07	3,7E+08	28,518
	1 7/16	0,0365	0,01825	54,145	0,0183	9E-08	1,1E+07	3,7E+08	32,6228
	1 1/2	0,0381	0,01905	54,145	0,0191	1E-07	9972029	3,7E+08	37,1038
	1 5/8	0,0413	0,02065	54,145	0,0207	1E-07	7829036	3,7E+08	47,26
	1 3/4	0,0445	0,02225	54,145	0,0223	2E-07	6258618	3,7E+08	59,1185
	1 7/8	0,0477	0,02385	54,145	0,0239	3E-07	5081633	3,7E+08	72,8112
	2	0,0508	0,0254	54,145	0,0254	3E-07	4206950	3,7E+08	87,9497
	2 1/4	0,0572	0,0286	54,145	0,0286	5E-07	2946934	3,7E+08	125,554
	2 3/8	0,0603	0,03015	54,145	0,0302	6E-07	2515397	3,7E+08	147,094
	2 1/2	0,0635	0,03175	54,145	0,0318	8E-07	2153958	3,7E+08	171,777
	2 5/8	0,0667	0,03335	54,145	0,0334	1E-06	1858579	3,7E+08	199,077
	2 3/4	0,0699	0,03495	54,145	0,035	1E-06	1614830	3,7E+08	229,126
	2 7/8	0,073	0,0365	54,145	0,0365	1E-06	1417718	3,7E+08	260,983
	3	0,0762	0,0381	54,145	0,0381	2E-06	1246504	3,7E+08	296,83
	3 1/4	0,0825	0,04125	54,145	0,0413	2E-06	982193	3,7E+08	376,708
	3 1/2	0,0889	0,04445	54,145	0,0445	3E-06	784970	3,7E+08	471,355
	3 3/4	0,0952	0,0476	54,145	0,0476	4E-06	639216	3,7E+08	578,834
	4	0,1016	0,0508	54,145	0,0508	5E-06	525869	3,7E+08	703,598

AISI 1060

Cálculo del factor de seguridad

REF	d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m ⁴)	σ (N/m ²)	Sy	nd
	1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,0032	8E-11	2,2E+09	4,2E+08	0,19042
	5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,004	2E-10	1,1E+09	4,2E+08	0,37547
	3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,0048	4E-10	6,4E+08	4,2E+08	0,65292
	7/16	0,0111	0,00555	54,145	0,0056	7E-10	4E+08	4,2E+08	1,0415
	1/2	0,0127	0,00635	54,145	0,0064	1E-09	2,7E+08	4,2E+08	1,55992
	9/16	0,0143	0,00715	54,145	0,0072	2E-09	1,9E+08	4,2E+08	2,22689
	5/8	0,0159	0,00795	54,145	0,008	3E-09	1,4E+08	4,2E+08	3,06113
	11/16	0,0175	0,00875	54,145	0,0088	5E-09	1E+08	4,2E+08	4,08136
	3/4	0,0191	0,00955	54,145	0,0096	7E-09	7,9E+07	4,2E+08	5,30629
	13/16	0,0206	0,0103	54,145	0,0103	9E-09	6,3E+07	4,2E+08	6,65721
	7/8	0,0222	0,0111	54,145	0,0111	1E-08	5E+07	4,2E+08	8,33201
	15/16	0,0238	0,0119	54,145	0,0119	2E-08	4,1E+07	4,2E+08	10,2665
	1	0,0254	0,0127	54,145	0,0127	2E-08	3,4E+07	4,2E+08	12,4794
	1 1/16	0,027	0,0135	54,145	0,0135	3E-08	2,8E+07	4,2E+08	14,9893
	1 1/8	0,0286	0,0143	54,145	0,0143	3E-08	2,4E+07	4,2E+08	17,8151
	1 3/16	0,0302	0,0151	54,145	0,0151	4E-08	2E+07	4,2E+08	20,9755
	1 1/4	0,0318	0,0159	54,145	0,0159	5E-08	1,7E+07	4,2E+08	24,4891
	1 5/16	0,0333	0,01665	54,145	0,0167	6E-08	1,5E+07	4,2E+08	28,1205
	1 3/8	0,0349	0,01745	54,145	0,0175	7E-08	1,3E+07	4,2E+08	32,3718
	1 7/16	0,0365	0,01825	54,145	0,0183	9E-08	1,1E+07	4,2E+08	37,0313
	1 1/2	0,0381	0,01905	54,145	0,0191	1E-07	9972029	4,2E+08	42,1178
	1 5/8	0,0413	0,02065	54,145	0,0207	1E-07	7829036	4,2E+08	53,6464
	1 3/4	0,0445	0,02225	54,145	0,0223	2E-07	6258618	4,2E+08	67,1075
	1 7/8	0,0477	0,02385	54,145	0,0239	3E-07	5081633	4,2E+08	82,6506
	2	0,0508	0,0254	54,145	0,0254	3E-07	4206950	4,2E+08	99,8348
	2 1/4	0,0572	0,0286	54,145	0,0286	5E-07	2946934	4,2E+08	142,521
	2 3/8	0,0603	0,03015	54,145	0,0302	6E-07	2515397	4,2E+08	166,972
	2 1/2	0,0635	0,03175	54,145	0,0318	8E-07	2153958	4,2E+08	194,99
	2 5/8	0,0667	0,03335	54,145	0,0334	1E-06	1858579	4,2E+08	225,979
	2 3/4	0,0699	0,03495	54,145	0,035	1E-06	1614830	4,2E+08	260,089
	2 7/8	0,073	0,0365	54,145	0,0365	1E-06	1417718	4,2E+08	296,251
	3	0,0762	0,0381	54,145	0,0381	2E-06	1246504	4,2E+08	336,942
	3 1/4	0,0825	0,04125	54,145	0,0413	2E-06	982193	4,2E+08	427,615
	3 1/2	0,0889	0,04445	54,145	0,0445	3E-06	784970	4,2E+08	535,052
	3 3/4	0,0952	0,0476	54,145	0,0476	4E-06	639216	4,2E+08	657,055
	4	0,1016	0,0508	54,145	0,0508	5E-06	525869	4,2E+08	798,678

AISI 1080

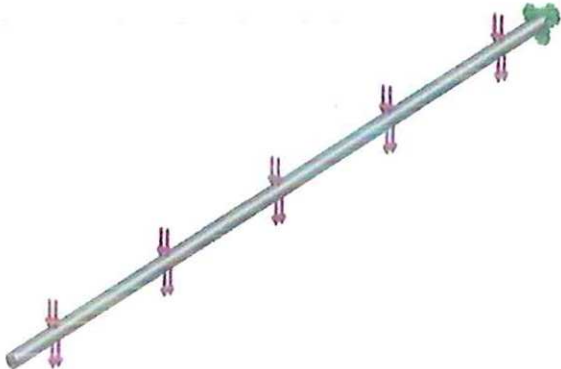
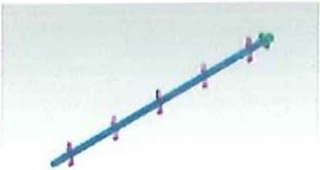
Cálculo del factor de seguridad

REF	d(pulg)	d (m)	r (m)	Mmax (N.m)	C (m)	I (m ⁴)	σ (N/m ²)	Sy	nd
	1/4	0,0063	0,00315	54,145	0,0032	8E-11	2,2E+09	4,6E+08	0,20856
	5/16	0,0079	0,00395	54,145	0,004	2E-10	1,1E+09	4,6E+08	0,41123
	3/8	0,0095	0,00475	54,145	0,0048	4E-10	6,4E+08	4,6E+08	0,71511
	7/16	0,0111	0,00555	54,145	0,0056	7E-10	4E+08	4,6E+08	1,14069
	1/2	0,0127	0,00635	54,145	0,0064	1E-09	2,7E+08	4,6E+08	1,70848
	9/16	0,0143	0,00715	54,145	0,0072	2E-09	1,9E+08	4,6E+08	2,43898
	5/8	0,0159	0,00795	54,145	0,008	3E-09	1,4E+08	4,6E+08	3,35267
	11/16	0,0175	0,00875	54,145	0,0088	5E-09	1E+08	4,6E+08	4,47006
	3/4	0,0191	0,00955	54,145	0,0096	7E-09	7,9E+07	4,6E+08	5,81165
	13/16	0,0206	0,0103	54,145	0,0103	9E-09	6,3E+07	4,6E+08	7,29123
	7/8	0,0222	0,0111	54,145	0,0111	1E-08	5E+07	4,6E+08	9,12553
	15/16	0,0238	0,0119	54,145	0,0119	2E-08	4,1E+07	4,6E+08	11,2442
	1	0,0254	0,0127	54,145	0,0127	2E-08	3,4E+07	4,6E+08	13,6679
	1 1/16	0,027	0,0135	54,145	0,0135	3E-08	2,8E+07	4,6E+08	16,4169
	1 1/8	0,0286	0,0143	54,145	0,0143	3E-08	2,4E+07	4,6E+08	19,5118
	1 3/16	0,0302	0,0151	54,145	0,0151	4E-08	2E+07	4,6E+08	22,9731
	1 1/4	0,0318	0,0159	54,145	0,0159	5E-08	1,7E+07	4,6E+08	26,8214
	1 5/16	0,0333	0,01665	54,145	0,0167	6E-08	1,5E+07	4,6E+08	30,7987
	1 3/8	0,0349	0,01745	54,145	0,0175	7E-08	1,3E+07	4,6E+08	35,4548
	1 7/16	0,0365	0,01825	54,145	0,0183	9E-08	1,1E+07	4,6E+08	40,5581
	1 1/2	0,0381	0,01905	54,145	0,0191	1E-07	9972029	4,6E+08	46,129
	1 5/8	0,0413	0,02065	54,145	0,0207	1E-07	7829036	4,6E+08	58,7556
	1 3/4	0,0445	0,02225	54,145	0,0223	2E-07	6258618	4,6E+08	73,4987
	1 7/8	0,0477	0,02385	54,145	0,0239	3E-07	5081633	4,6E+08	90,5221
	2	0,0508	0,0254	54,145	0,0254	3E-07	4206950	4,6E+08	109,343
	2 1/4	0,0572	0,0286	54,145	0,0286	5E-07	2946934	4,6E+08	156,094
	2 3/8	0,0603	0,03015	54,145	0,0302	6E-07	2515397	4,6E+08	182,874
	2 1/2	0,0635	0,03175	54,145	0,0318	8E-07	2153958	4,6E+08	213,56
	2 5/8	0,0667	0,03335	54,145	0,0334	1E-06	1858579	4,6E+08	247,501
	2 3/4	0,0699	0,03495	54,145	0,035	1E-06	1614830	4,6E+08	284,86
	2 7/8	0,073	0,0365	54,145	0,0365	1E-06	1417718	4,6E+08	324,465
	3	0,0762	0,0381	54,145	0,0381	2E-06	1246504	4,6E+08	369,032
	3 1/4	0,0825	0,04125	54,145	0,0413	2E-06	982193	4,6E+08	468,34
	3 1/2	0,0889	0,04445	54,145	0,0445	3E-06	784970	4,6E+08	586,009
	3 3/4	0,0952	0,0476	54,145	0,0476	4E-06	639216	4,6E+08	719,632
	4	0,1016	0,0508	54,145	0,0508	5E-06	525869	4,6E+08	874,743

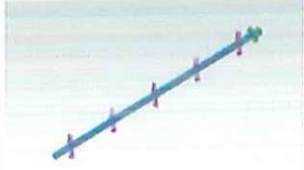
AISI 1095

ANEXO 4


Información de modelo

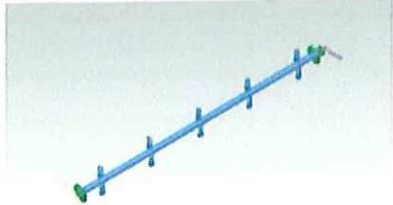
 <p>Nombre del modelo: viga Configuración actual: Predeterminado</p>			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:11.3927 lb Volumen:40.1718 in ³ Densidad:0.283599 lb/in ³ Peso:11.385 lbf	D:\mis documentos\unab\10 semestre\proyecto de grado en ingeniería\ensamble nuevo\viga.SLDPRT

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 5.3e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+008 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(viga)</p>

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s)</p> <p>Referencia: Planta</p> <p>:</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: ---, ---, -166.6 N</p>

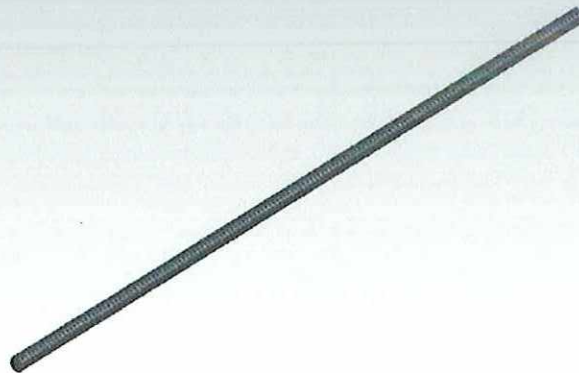
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	0.870308 cm
Tolerancia	0.0435154 cm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	11699
Número total de elementos	6519
Cociente máximo de aspecto	4.1144
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	100
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	EDSON SILVA

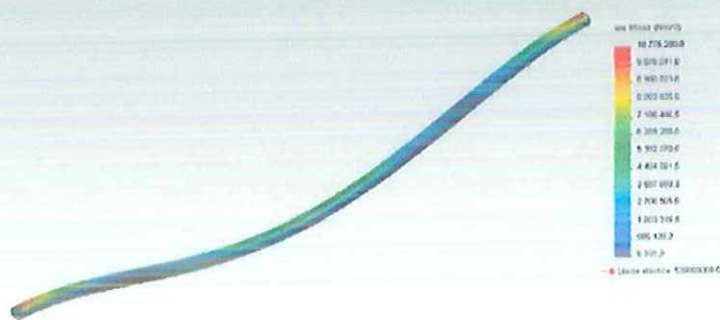
Resolución de pantalla: 1024x768
Número de nodos: 11699
Tipo de malla: Malla de alto orden



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress	VON: Tensión de von Mises	8939.88 N/m ² Nodo: 8636	1.07752e+007 N/m ² Nodo: 1061

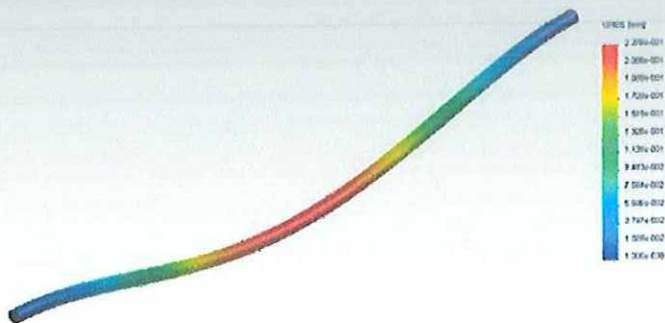
Nombre de modelo: viga
Nombre de estudio: SimulationXpress Study
Tipo de resultado: Stress (tension, von Mises)
Escala de deformación: 500.000




viga-SimulationXpress Study-Tensiones-Stress

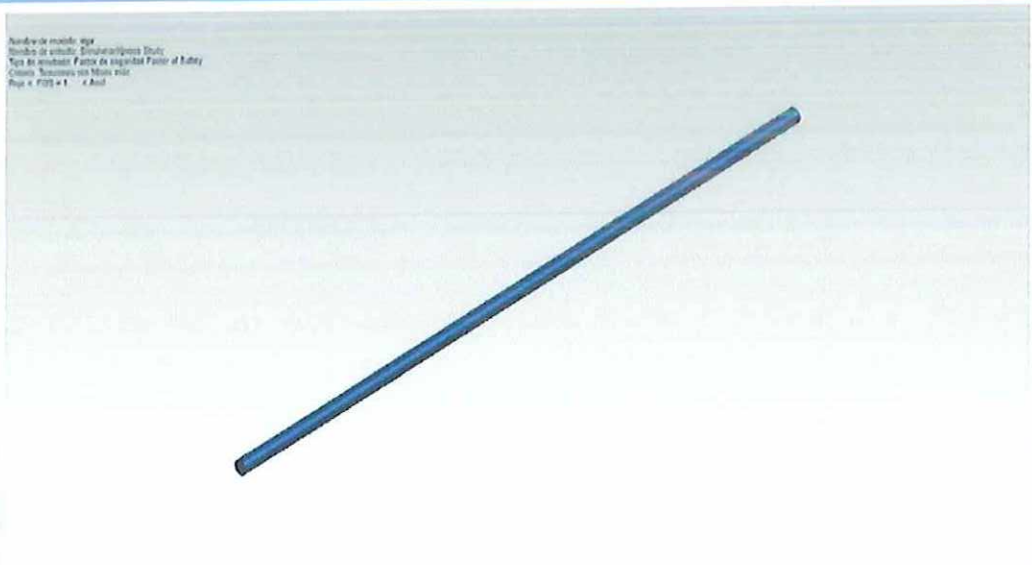
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Displacement	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	0.227822 mm Nodo: 689

Nombre de modelo: viga
Nombre de estudio: SimulationXpress Study
Tipo de resultado: Desplazamientos (resultante)
Escala de deformación: 500.000



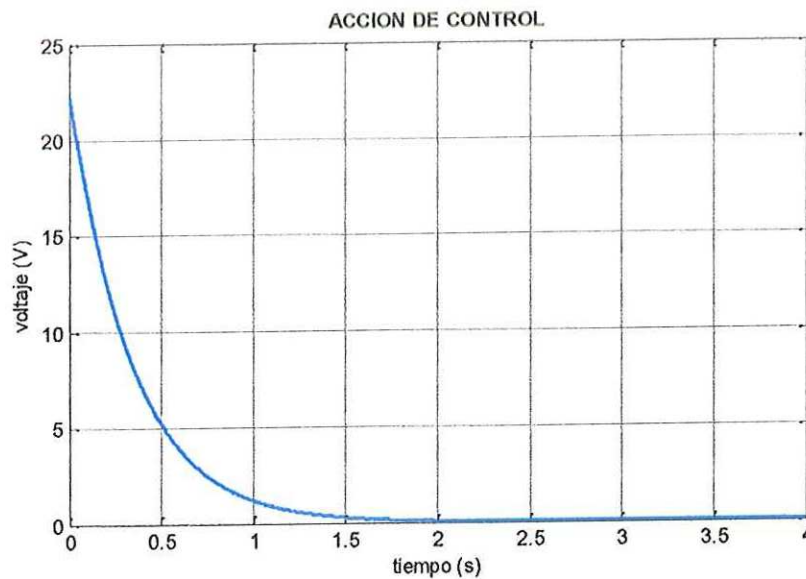
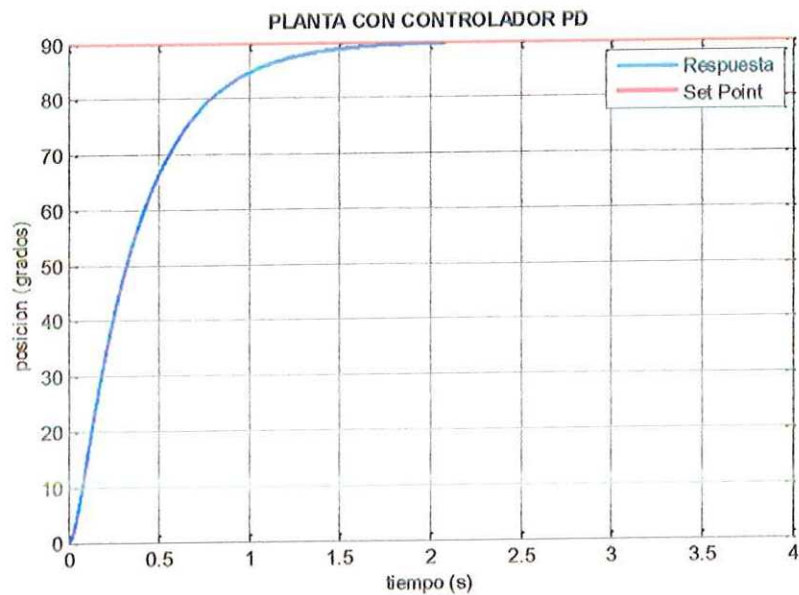
viga-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Displacement

Nombre	Tipo
Deformation	Forma deformada
 <p data-bbox="500 976 1182 1010">viga-SimulationXpress Study-Desplazamientos-Deformation</p>	

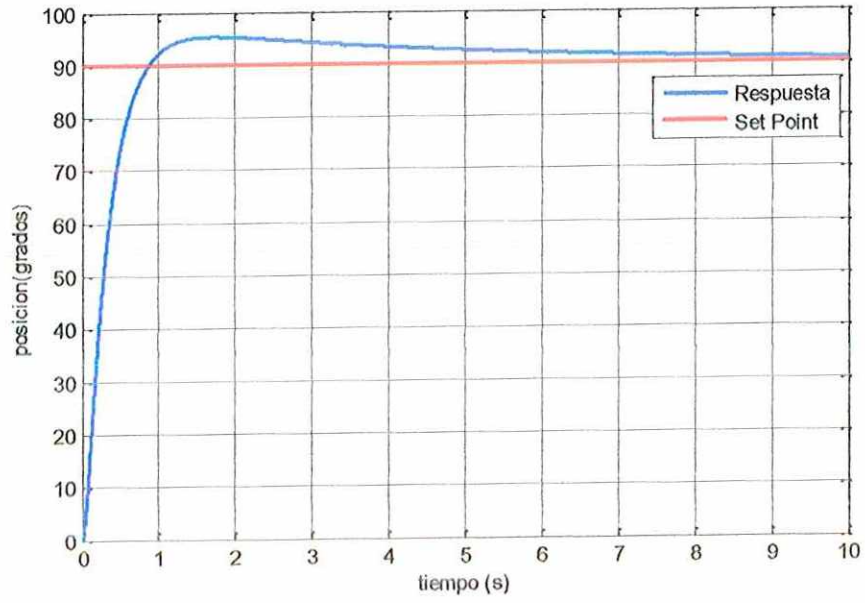
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	49.187 Nodo: 1061	59284.9 Nodo: 8636
 <p data-bbox="459 1839 1219 1873">viga-SimulationXpress Study-Factor de seguridad-Factor of Safety</p>			

ANEXO 5

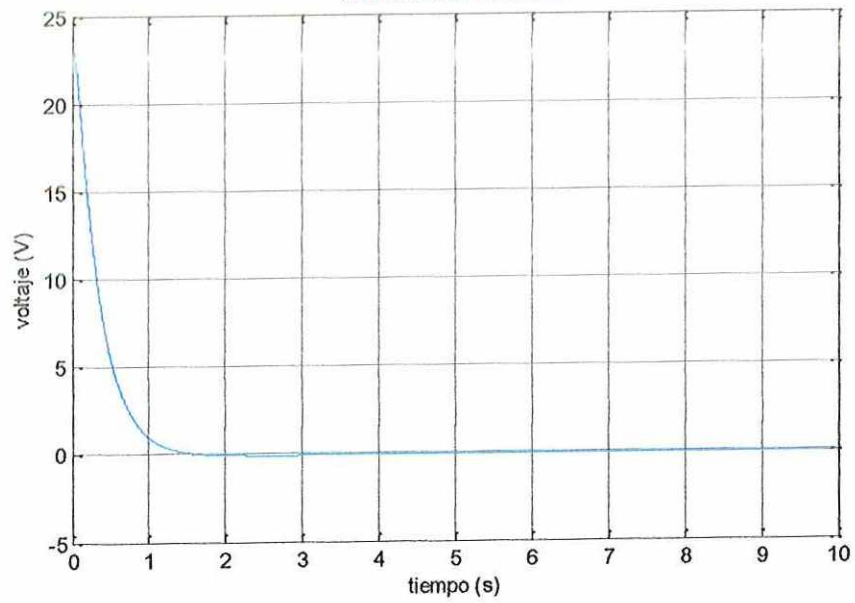
Según la planta obtenida mediante el análisis matemático de los motores y los datos asumidos para la obtención de los parámetros de motor, fue posible obtener la respuesta del sistema y acción de control, como lo muestran las imágenes, siendo controladores para la orientación y posición PD, PI y PID respectivamente.

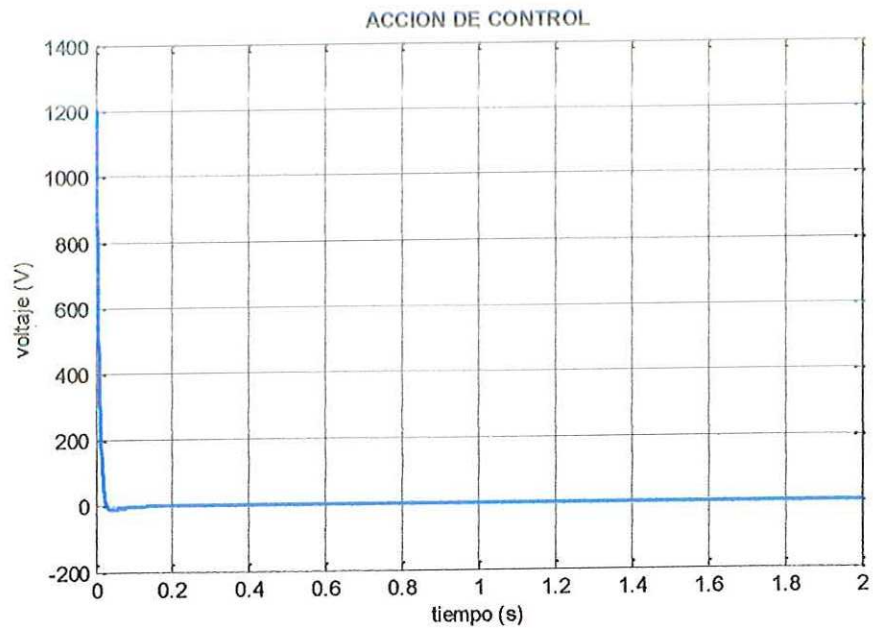
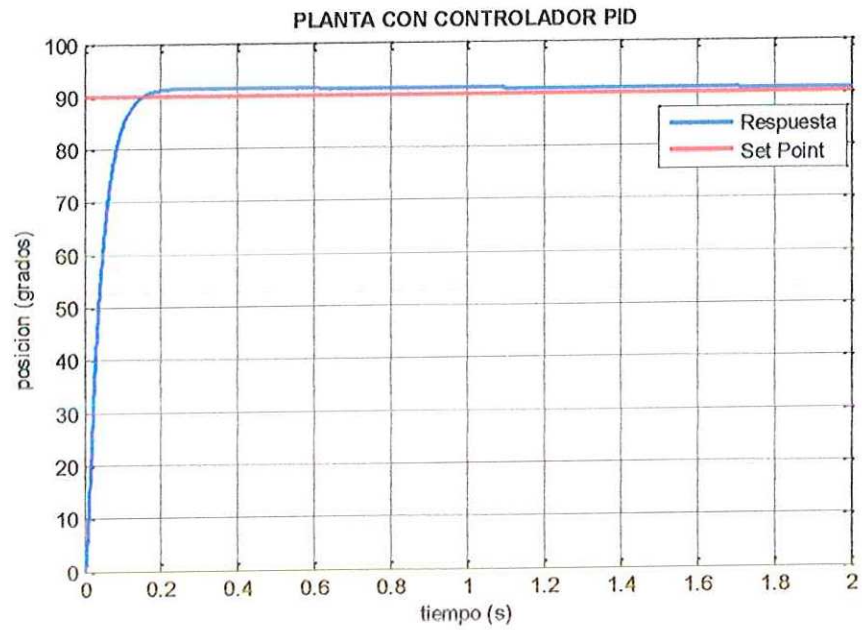


PLANTA CON CONTROLADOR PI



ACCION DE CONTROL





Una vez que se obtuvo el resultado de los controladores para el sistema, se analizaron parámetros relevantes para la selección del controlador a implementar.

El modelo de los motores de orientación.

$$G(s) = \frac{\Theta(s)}{U(s)} = \frac{3.344}{5,667 * 10^{-6} * s^3 + 0,01193 * s^2 + 0,2845 * s}$$

Los modelos de los controladores obtenidos con el auto tuning de Matlab©.

$$PD = \frac{0,0088 * s + 0,2464}{s + 105}$$

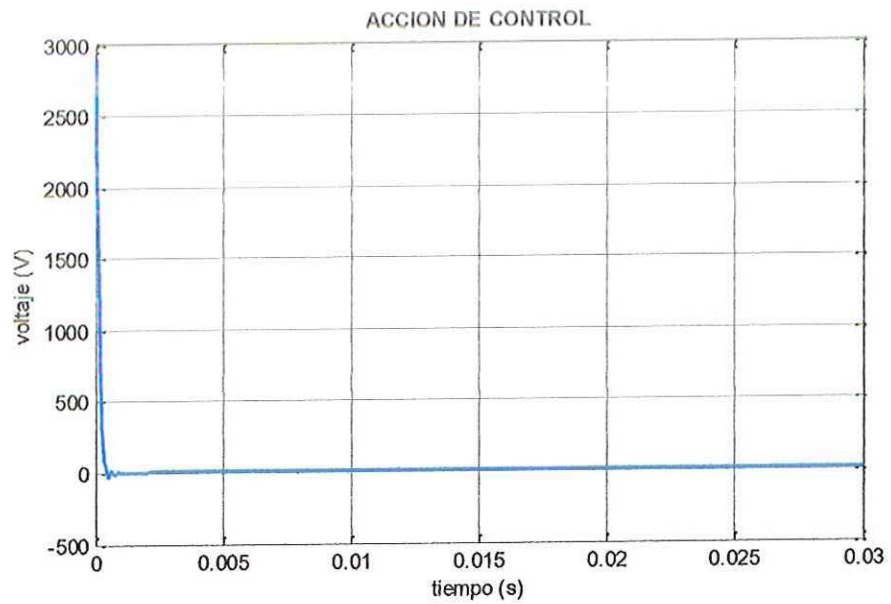
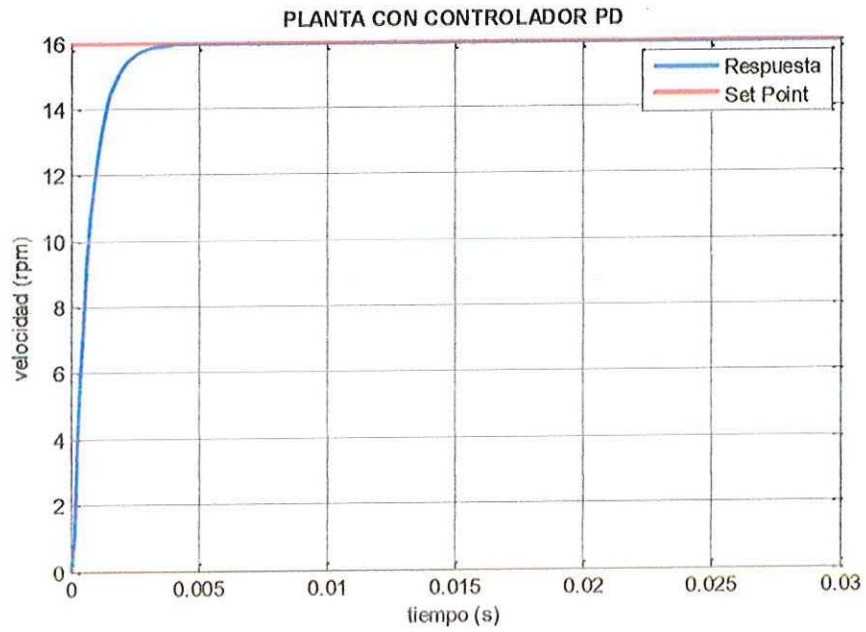
$$PI = \frac{0,256 * s + 0,05862}{s}$$

$$PID = \frac{0,4818 * s^2 + 13,36 * s + 5,682}{s^2 + 105 * s}$$

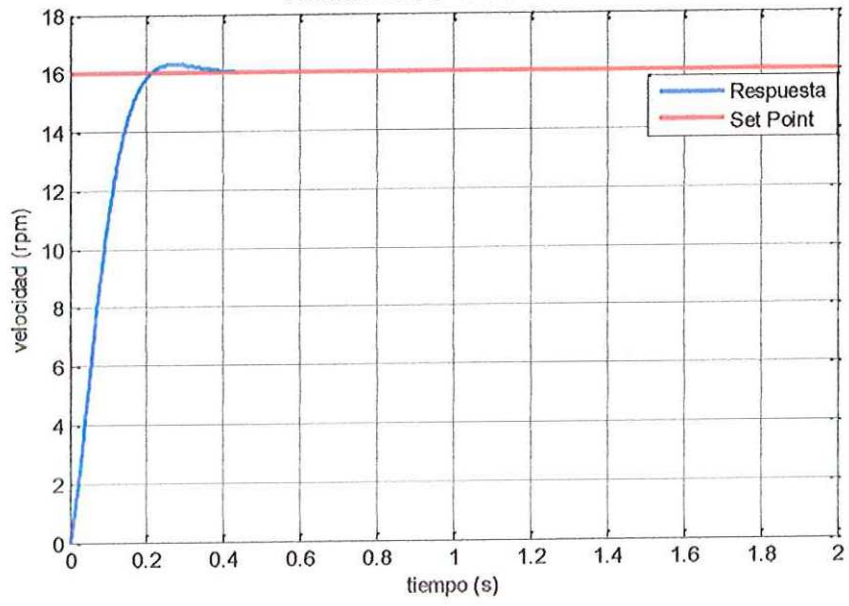
Comparación de los parámetros de los controladores obtenidos.

Controlador	Tiempo de establecimiento	Sobrepaso	Acción de control
PD	2s	0	22 V
PI	10s	6,667%	23 V
PID	1,8s	2,2%	1200 V

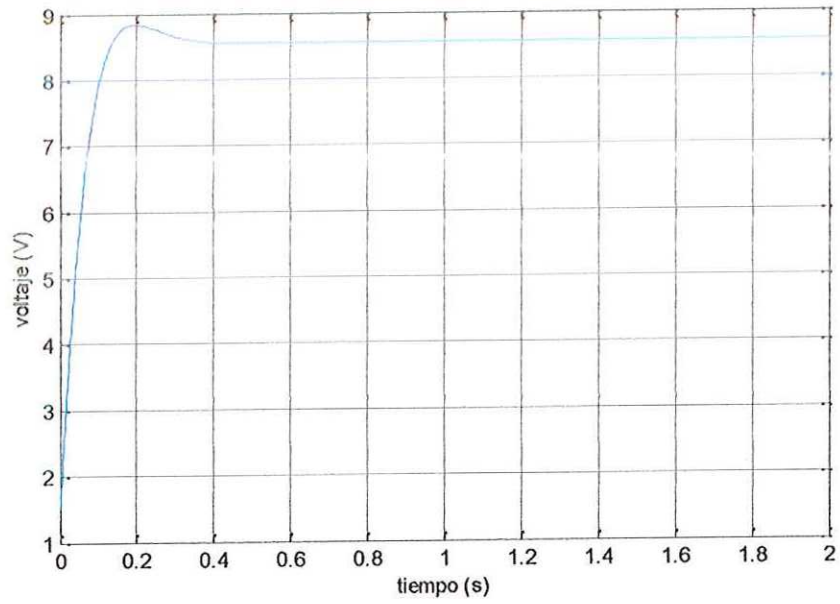
Respuesta del sistema y acción de control para la posición.



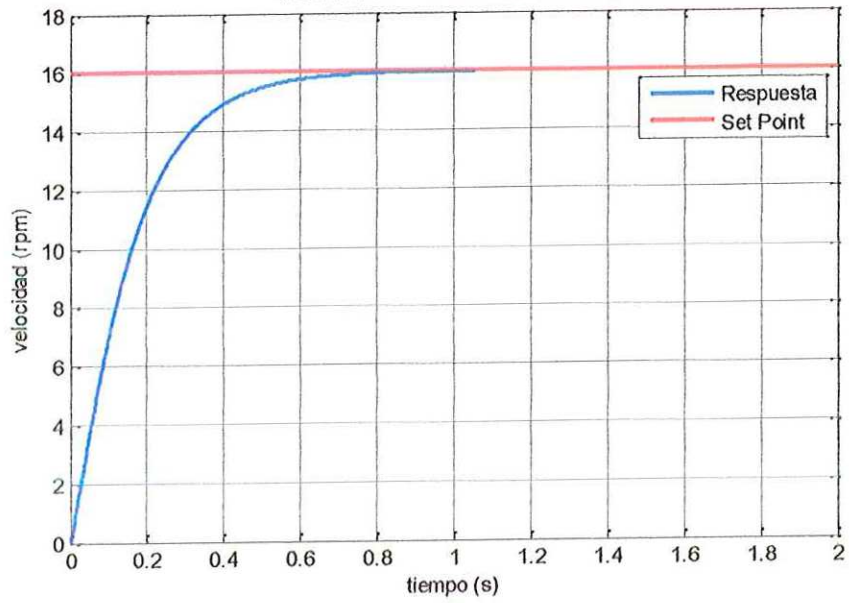
PLANTA CON CONTROLADOR PI



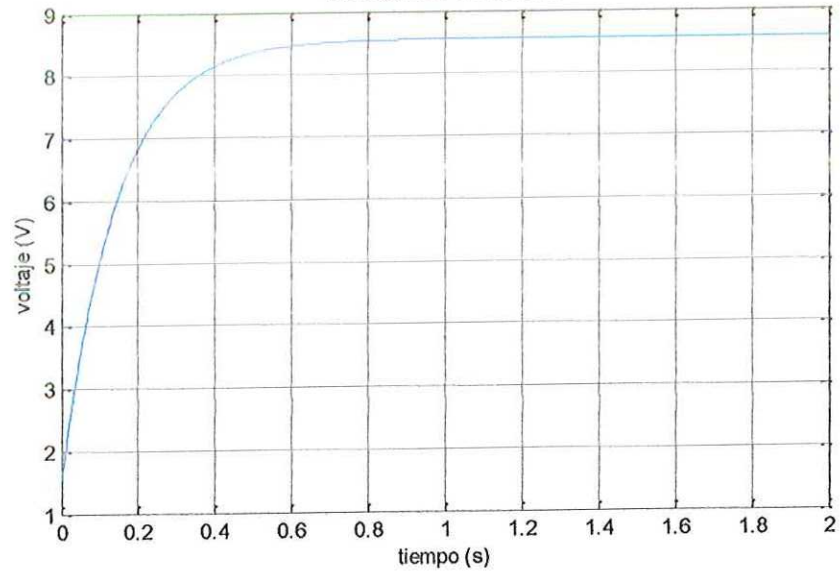
ACCION DE CONTROL



PLANTA CON CONTROLADOR PID



ACCION DE CONTROL



El modelo del motor de posición.

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{0.5322}{5.667 * 10^{-6} * s^2 + 0.01193 * s + 0.2845}$$

Los modelos de los controladores obtenidos con el auto tuning de Matlab©.

$$PD = 0.1 * s + 181$$

$$PI = \frac{0.0956 * s + 7.113}{s}$$

$$PID = \frac{0.09778 * s + 3.393}{s^2 + 180 * s}$$

Comparación de los parámetros de los controladores obtenidos.

Controlador	Tiempo de establecimiento	Sobrepaso	Acción de control
PD	0,004s	0	3000 V
PI	0,4s	1,8%	8,9 V
PID	1,1s	0	8,75 V

ANEXO 6

PANEL HMI SCHNEIDER

Si está familiarizado con la Magelis XBT GTW, es debido a que utiliza un entorno de Windows y te permite navegar libremente en la web. Combinado con el software de configuración Vijeo Designer, se multiplica su potencial y se benefician de verdaderas funciones multimedia, incluyendo:







- Reproductor de medios integrado con el streaming de vídeo IP y una webcam.
- La capacidad de ver las páginas web de forma local o remota para el diagnóstico y el mantenimiento.
- Dimensiones adicionales para la conectividad, incluyendo:
 - Múltiples interfaces de comunicación.
 - Dual Ethernet.
 - Ranura para tarjeta Compact Flash.
 - Cuatro puertos USB.
 - Ranuras PCMCIA (en el de 15 pulgadas).
- El acceso a los periféricos de PC, tales como:
 - Unidades de almacenamiento USB (memory stick, disco duro externo, reproductor de DVD / quemador).
 - USB interfaz de usuario (teclado, ratón, etc).
 - Tarjeta PCMCIA de comunicación para redes inalámbricas.

Magelis XBT GTW

with 8.4 in. and 15 in. touchscreen

Type	Characteristics	
References	XBT GTW 450	XBT GTW 750
	8.4 in.	15 in.
Display	LCD screen size	
	Type (color)	TFT
	Resolution	XGA 1024 x 768
	Number of colors	16, 777, 216
Functions	Representation of variables	Alphanumeric, bitmap, bar graph, gauge, button, light, clock, flashing light, keypad
	Curves/Alarm historic	Yes, with log; yes, incorporated
Communication	Serial link	2 Sub-D9 (RS 232)
	Networks	Dual Ethernet, IEEE 802.3 10/100/1000 BASE-T, RJ 45
Downloadable protocols	Mitsubishi (Meisec), Omron (Sysmac), Rockwell Automation (Allen Bradley), Siemens (Simatic), Uni-TE, Modbus, Modbus TCP/IP	
Development software	Video Designer VJD***TG**M (on Windows Vista, XP and 2000)	
Dimensions W x D x H (mm)	230 x 177 x 65	395 x 294 x 65
Compatibility with PLCs	Twido, Modicon TSX Micro, Modicon Premium, Modicon Quantum, Modicon MS40 and third-party devices using the downloadable protocols listed above.	
Compact flash card slot	2	1
USB port	4	4 + 1 on front panel
PCMCIA slot	0	2
Video in	No	
Built-in Ethernet TCP/IP	2	
Supply voltage	24 VDC	

PANEL HMI SIEMENS

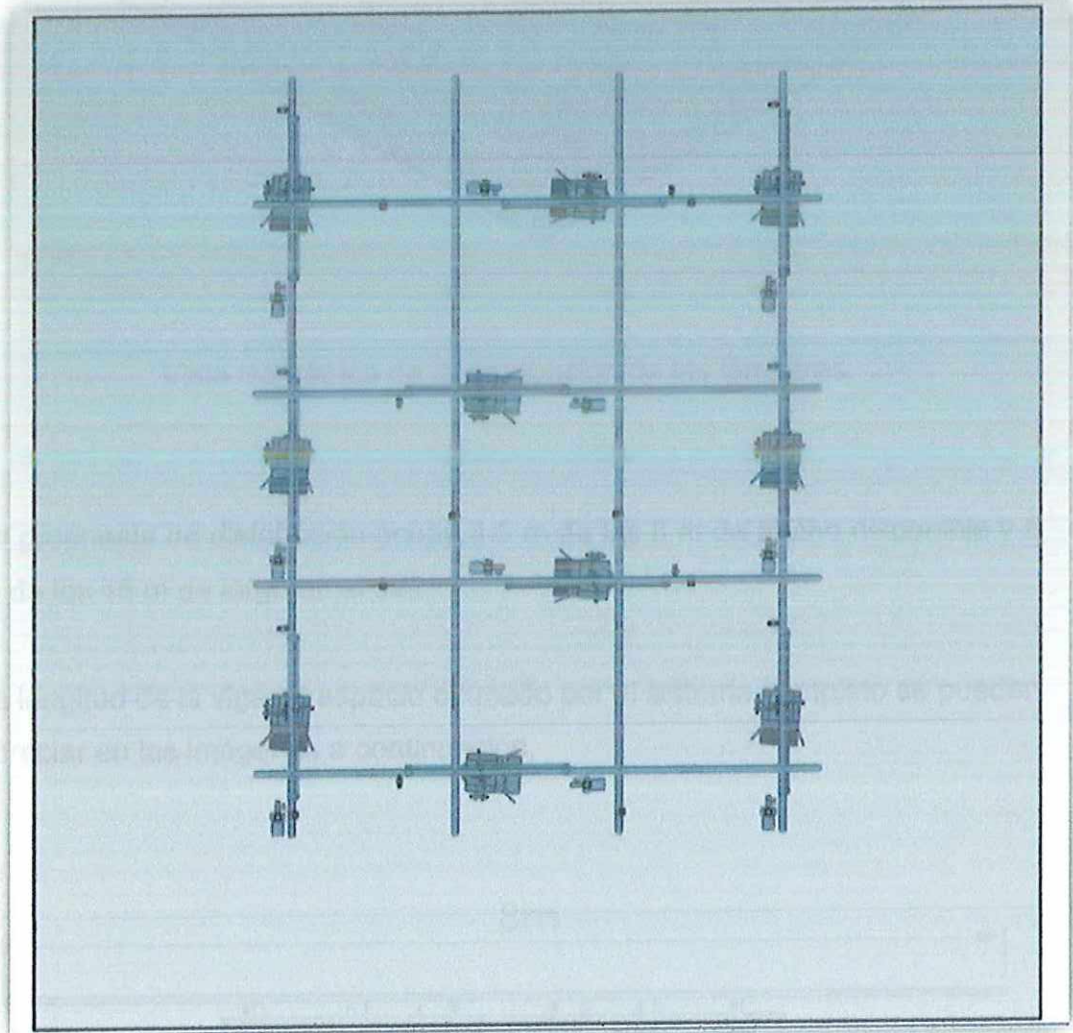
		Mobile Panels				
		Máxima movilidad en el manejo y la visualización				
						
	177	277	277(F) WLAN V2	277	KP 300	KTP 400 Basic mono PN
	6", táctil + teclas	8", táctil + teclas	8", táctil + teclas	10", táctil	3,6", teclas	4", táctil + teclas
Pantalla	de cristal líquido STN (LCD), 256 colores	de cristal líquido TFT (LCD), 64k colores	de cristal líquido TFT (LCD), 64k colores	de cristal líquido TFT (LCD), 64k colores	FSTN-LCD Blanco y negro	de cristal líquido STN (LCD), 4 tonos de gris
Tamaño (en pulgadas)	5,7	7,5	7,5	10,4	3,6	3,8
Resolución (An x Al en píxeles)	320 x 240	640 x 480	640 x 480	800 x 600	240 x 80	320 x 240
MTBF de la retroillum. (a 25 °C en h)	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	30.000
Dimensiones frontales (en mm)	Diámetro 245	Diámetro 290	Diámetro 290	Diámetro 350	165 x 96,6	140 x 116
Elementos de mando	Teclado de membrana, pantalla táctil	Teclado de membrana, pantalla táctil	Teclado de membrana, pantalla táctil	Teclado de membrana, pantalla táctil	Teclado de membrana	Pantalla táctil y 4 teclas táctiles
Teclas de función (programables)/teclado de sistema	14 / -	18 / -	18 / -	- / -	10 / 10	4 / -
Teclado externo/teclado de impresora	- / - / -	USB/USB/USB	USB/USB/USB	USB/USB/USB	- / - / -	- / - / -
Memoria útil						
Memoria de usuario	2 Mbytes	6 Mbytes	6 Mbytes	6 Mbytes	512 kbytes	512 kbytes
Memoria para opciones/recetas ⁶⁾	- / 32 kbytes	1024 kbytes/64 kbytes	1024 kbytes/64 kbytes	1024 kbytes/64 kbytes	-/40 kbytes	-/40 kbytes
Búfer de avisos	•	•	•	•	•	•
Interfaces						
Serial/MP/PROFIBUS DP	• / • ²⁾ / • ²⁾	• / • / •	- / - / -	• / • / •	- / - / -	- / - / -
PROFINET (Ethernet)	• ¹⁾	•	(•)(• via WLAN)	•	•	•
Host USB/dispositivo USB	- / -	• / -	• / -	• / -	-	-
Slot para tarjeta CF/MultiMedia/SD	- / • / -	- / • / •	- / • / •	- / • / •	- / - / -	- / - / -

Funcionalidad (en caso de configuración con WinCC V11)		2000 / 32	4000 / 32	4000 / 32	4000 / 32	200 / 32	200 / 32
Sistema de avisos (número de avisos/clases de avisos)		2000 / 32	4000 / 32	4000 / 32	4000 / 32	200 / 32	200 / 32
Sinópticos del proceso		500	500	500	500	50	50
Variabes		1024	2048	2048	2048	256	256
Gráficos vectoriales		• / • f(t)	• / • f(t)	• / • f(t)	• / • f(t)	• / •	• / •
Diagramas de barras/curvas		-	• / • f(t)	• / • f(t)	• / • f(t)	• / •	• / •
Bloques de imagen		100	300	300	300	5	5
Recetas		-	• / •	• / •	• / •	-	-
Registro histórico de datos		-	• / •	• / •	• / •	-	-
Scripts Visual Basic		-	• / •	• / •	• / •	-	-
Funciones de PG		ESTADO/FORZADO	ESTADO/FORZADO	ESTADO/FORZADO	ESTADO/FORZADO	-	-
Conexión al controlador							
SIMATIC S7/SIMATIC WinAC		• / •	• / •	• / •	• / •	• / •	• / •
SIMATIC SS/SIMATIC 505		•2)5) / •2)	•5) / •	- / -	•5) / •	- / -	- / -
SINUMERIK/SIMOTION		• / •	• / •	- / • (no en var. Safety)	• / •	- / -	- / -
Allen Bradley/Mitsubishi		•2) / •2)	• / •	- / -	• / •	• / •	- / -
Modicon/Omron		•2) / •2)	• / •	- / -	• / •	• / -	• / -
Software de ingeniería		a partir de WinCC Comfort V11, WinCC flexible Compact, Standard, Advanced	a partir de WinCC Comfort V11, WinCC flexible Standard/Advanced	a partir de WinCC Comfort V11, WinCC flexible Standard/Advanced	a partir de WinCC Comfort V11, WinCC flexible Standard	a partir de WinCC Basic V11	a partir de WinCC Basic V11
Opciones, aplicación							
Sm@rtService/Sm@rtAccess/Pro-Agents/Audit/Logon		•1) / •1) / - / - / - / •	• / • / - / • / •	• / • / - / • / -	• / • / - / - / - / -8)	- / - / - / - / - / -	- / - / - / - / - / -
Servidor OPC/Internet Explorer		- / -	• / •	• / •	• / •	- / -	- / -
WinAC MP		-	-	-	-	-	-

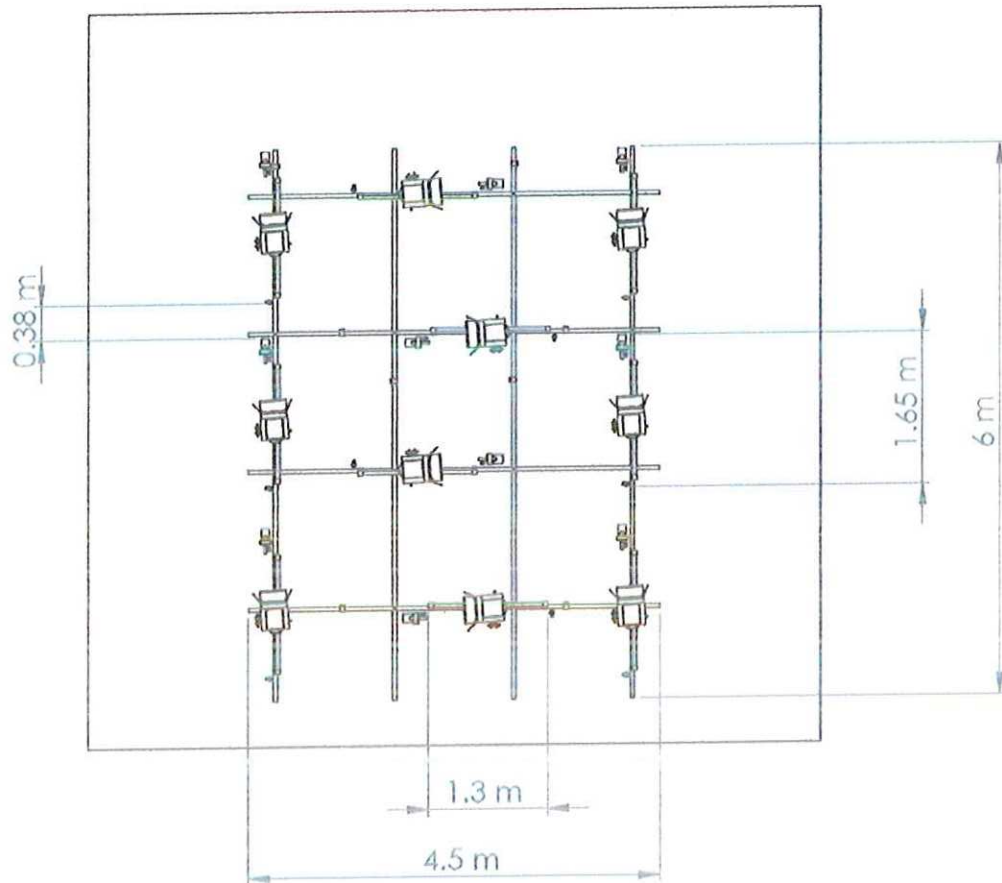
ANEXO 7

Propuesta de distribución de las lámparas del CPA.

La propuesta de distribución se hace según la estructura matricial con la que cuenta el estudio de grabación que esta fija al techo y teniendo en cuenta que no halla ningún cruce entre las lámparas. De esta manera dicha distribución estaría dada como se puede observar en las imágenes.



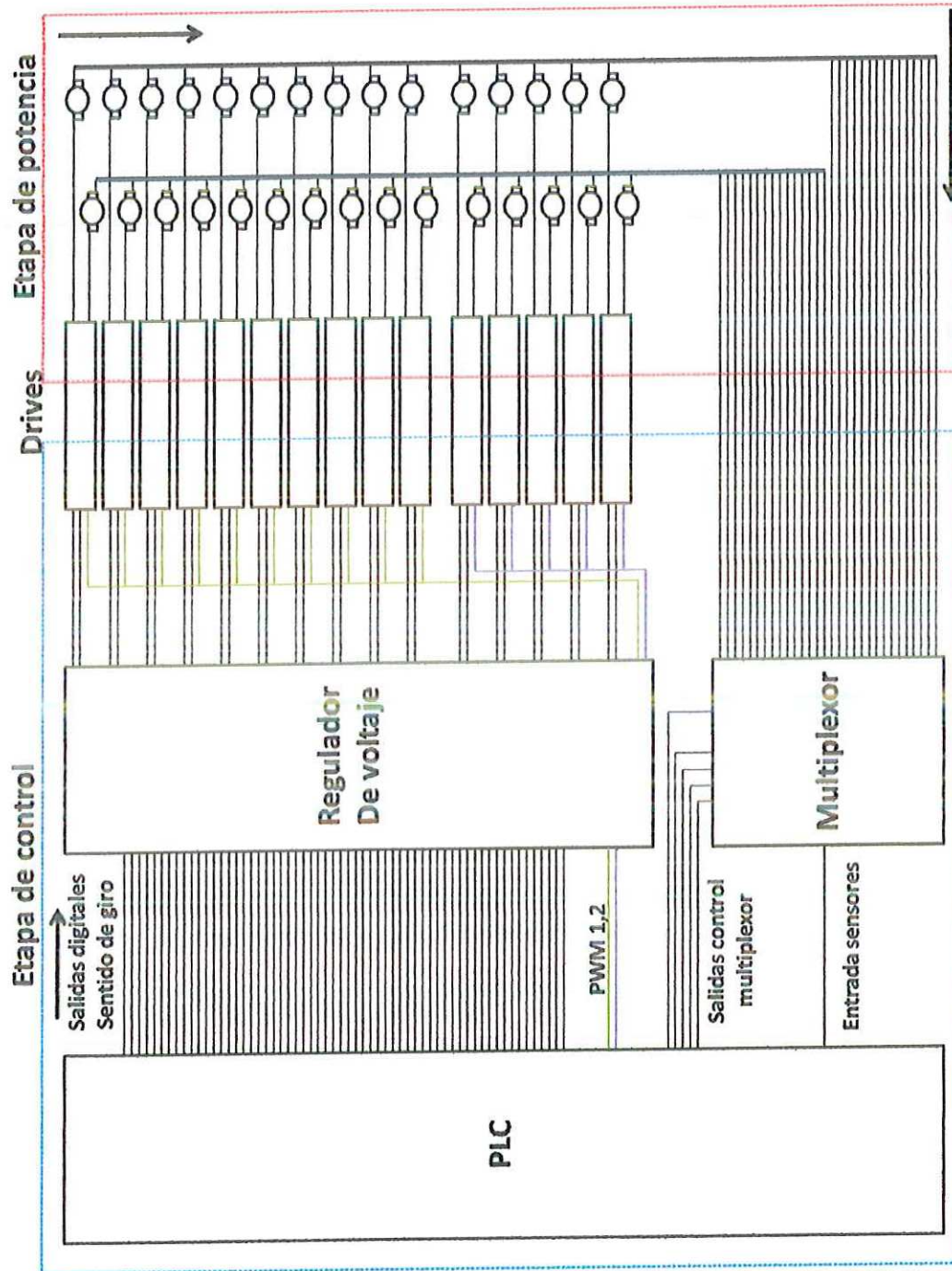
Vista superior de la distribución de las lámparas.



Vista superior con medidas de la distribución de las lámparas.

ANEXO 8

Esquema general de conexión



Descripción de funcionamiento

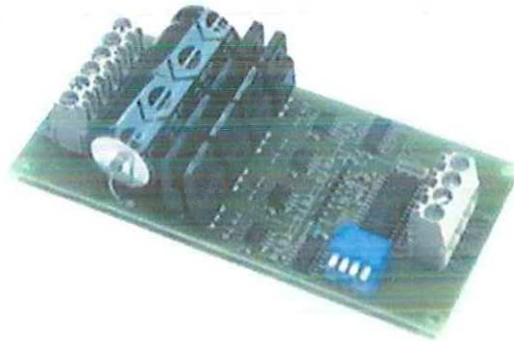
El sistema está dividido en dos etapas, una de control y otra de potencia, en la que cada etapa contara con una fuente de alimentación independiente, los drives son los dispositivos encargados de hacer el acople entre las dos etapas, dado que estos dispositivos reciben la señal de control que determina la acción a ejecutar en la etapa de potencia al activar los motores.

Las señales inician en el PLC (controlador lógico programable), debido a que estas señales de salida son de 24 V, deben ser reducidas a 5 V mediante circuito de reducción de voltaje, una vez obtenido el valor de voltaje esta señal llega a uno de los drives dispuestos en el sistema y activa uno de los motores, lo anterior estará soportado por una de las dos fuentes que harán parte del sistema, dado que el drive en su sección de potencia se alimentara a 24 V y soportara una corriente máxima de 5 A, se utilizara la segunda fuente.

Una vez los motores sean activados, las señales provenientes de los encoders, llegaran al multiplexor que anticipadamente recibió una orden de selección para determinar la señal que debe llegar hasta el PLC para ser procesada y de este modo será cíclico hasta cambiar a otro motor o finalizar el proceso.

Drive para control de los motores

Para controlar los motores DC de 24 y 3A, es necesario utilizar drives para garantizar que el sistema de control este aislado del sistema de potencia. Es por eso que se usara el driver MD22.



Driver MD22

Este driver permite controlar dos motores por medio de puente H y tiene como principales características:

- Alimentación de +5Vcc / 50mA para la electrónica de control.
- Alimentación de hasta 50VDC / 5A para la alimentación de los motores.
- Diferentes modos de control.

Bibliografía

- [1]. SHIGLEY, Joseph Edward. Diseño en Ingeniería Mecánica, 4^a Ed, México: McGraw-Hill, 1983.
- [2]. SHIGLEY, Joseph Edward. Elementos de Maquinas, 8^a Ed, México: McGraw-Hill, 2011.
- [3]. JAMES GERE, Barry Goodno, Ph.D. Mecánica de Materiales, 7^a Ed, Cengage Learning Editores, 2009.
- [4]. SHIGLEY, Joseph Edward. UICKER, John Joseph. Teoría de máquinas y Mecanismos, McGraw-Hill, 1996.
- [5]. ENRÍQUEZ, Gilberto. Diseño de Sistemas Eléctricos, Editorial Limusa, 2004.
- [6]. DEUTSCHMAN, Aarón D. MICHELS, Walter J. WILSON, Charles E. GARZA, José Armando. Diseño de Maquinas Teoría y Practica, 2^a Ed, Compañía Editorial Continental, 1987.
- [7]. HAKAS M., RAMÍREZ I., CANETTI R., "Diseño de Compensadores", IIE, 2000, [en línea]. <<http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/contr1/tutorial/compensador/index.html>> [citado en 20 de Septiembre de 2011].
- [8]. Aprendemos tecnología, Mecanismos de transmisión de movimiento, [en línea]. <<http://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transmision-del-movimiento/>> [citado en 13 de Septiembre de 2011].

- [9]. Siemens, "Catálogo de Productos", Lista de precios 2011, [en línea].
<http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/medias/PD/FS/77.pdf> [citado en 5 de Noviembre de 2011].
- [10]. SAE, handbook. Tabla E-20, Propiedades de los aceros. 1986, Pág. 2.15.
- [11]. Emilio Larrodé Pellicer. Grúas, Reverte, 1996.
- [12]. Guía para la presentación de referencias bibliográficas [en línea] <http://evirtual.lasalle.edu.co/info_basica/nuevos/guia/GuiaClaseNo.3.pdf> [citado en 7 de Noviembre de 2011].