



**TECNOLOGICO
DE MONTERREY®**

**Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Monterrey**

**Campus Ciudad de México
División de Ingeniería y Arquitectura**

**Ingeniería Mecatrónica
Departamento de Mecatrónica**

**Diseño y Construcción de un Sistema de
Transmisiones Acopladas**

Profesor: Artemio Portes

**Autores: Alberto GonzálezM.
Germán CaballeroM.**



Asesor: Marco Antonio Paz Ramos



**TECNOLOGICO
DE MONTERREY®**

BIBLIOTECA
Campus Ciudad de México

México D.F., Noviembre 2006

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
OBJETIVOS	7
ESTADO DE LA PRACTICA	7
TEORIA SOBRE DISEÑO	11
DESARROLLO DEL DISEÑO	15
AJUSTES AL DISEÑO	26
SENSOR DE POSISION	31
AJUSTES FINALES	33
CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFIA	36

Resumen—La tecnología evoluciona diariamente, buscando soluciones a problemas con los que nos enfrentamos cotidianamente. Uno de los retos que enfrenta la tecnología es hacer más eficiente el desempeño de los procesos de producción. En la industria se necesita muchas veces coordinar la actividad de motores que funcionan en forma simultánea, principalmente en el caso de bandas transportadoras, pues se necesita que los motores tengan exactamente la misma velocidad para garantizar un movimiento uniforme en la banda, ya que de no ser así podría haber un accidente.

Imaginando el caso de una línea transportadora de papel (una imprenta), si por algún motivo uno de los rodillos de la línea comienza a girar más rápido que otro, el papel se romperá o atascará, provocando pérdidas tanto económicas como de tiempo, por lo que se necesita controlar la velocidad y tensión de la banda en todo momento. Motivo por el cual TECQUIPMENT diseñó el equipo CE-108 el cual simula este proceso de control de velocidad y tensión en bandas.

En este caso se ha solicitado diseñar un dispositivo con características similares al CE-108. Este modelo desarrollado tendrá dos entradas y cuatro salidas, por lo cual se pueden establecer múltiples lazos de control en el sistema, para este caso en particular se planteará una estrategia de control digital, para controlar los motores por una interfase en LABVIEW.

I. INTRODUCCION

Hoy en día el control automático es una de las herramientas de mayor importancia en el área de ingeniería y que se está utilizando en la mayor parte de los desarrollos tecnológicos, como en la industria espacial, en el lanzamiento de misiles guiados a distancia, en sistemas de autómatas robotizados y más específicamente en procesos de producción. Por ejemplo, no se podría concebir una máquina de control numérico sin la existencia de dicho control automático, ya que se necesita mucha precisión para que los cortes se hagan perfectamente bien, o que frente a la velocidad del corte no rompa la herramienta. Otra área donde podemos encontrar el uso del control es en el piloto automático de un avión, en este caso si el sistema de navegación automático falla se corre el riesgo de perder al avión o incluso de que se ocasione un grave accidente. También se puede analizar el caso de los sistemas de seguridad en un automóvil, como el sistema de control de tracción, el cual evita perder el control del auto cuando una llanta tiene más tracción que otra. De esta manera podemos encontrar procesos de control presentes en diversos aspectos de nuestra vida cotidiana.

Por ahora nos enfocaremos únicamente en el caso de cómo el control promueve el desarrollo de la industria de producción. En un proceso se tienen que tomar en cuenta muchas variables, como podrían ser: presión, temperatura, viscosidad, humedad, caudal, voltaje, corriente, etc., cada una de estas variables por separado implica la implementación de un lazo de control, por lo que se necesitarán múltiples lazos de control para poder mantener el proceso estable.

Como ejemplo, el caso de una planta embotelladora, para que la planta funcione eficientemente es necesario tener en cuenta diversas variables. En primer lugar se necesita controlar la velocidad y posición de la botella en la banda transportadora, esto con la finalidad de conocer en todo momento el estado de cada botella, al igual se debe controlar la cantidad de líquido con que se llenan las botellas, ya si el líquido es muy poco la botella no pasará control de calidad y si es demasiado el líquido se desperdiciará. En el proceso de llenado también es importante la coordinación con el sistema de posición, pues la máquina "llenadora" solo llenará la botella si ésta llega a la posición indicada. Aquí podemos ver como es que los procesos controlados por separado se empiezan a coordinar para que toda la línea funcione de una manera eficiente. Después del llenado sigue el proceso de taponado, por lo que hay que controlar la fuerza de la máquina taponadora, pues si el golpe es muy fuerte la botella se romperá, por el otro lado en caso de ser muy débil, la botella no sellará.

Como se puede ver en el anterior ejemplo se tienen múltiples procesos, pequeños en su mayoría, los cuales hay que mantener bajo ciertas condiciones para su buen desempeño, para que el proceso global se ejecute de manera adecuada y así se garantice una producción de alta calidad, con un producto más homogéneo y con menos desperdicio de recursos. Con este ejemplo queda más claro que un problema común en la industria es el control de

la tensión, velocidad y posición en bandas transportadoras de materiales, como podría ser el caso de la industria del papel, textil o metalúrgica.

Otro ejemplo representativo se da en los procesos de manufactura textil, donde hilo es enrollado de un carrete a otro a alta velocidad; entre los dos carretes, el hilo es procesado en algún sentido, lo cual requiere que la velocidad del hilo sea controlada en forma precisa, para evitar que este se rompa. De la misma manera, se requiere frecuentemente regular la tensión entre límites definidos como en el caso de una línea que transporta material, si uno de los actuadores que la mueven comienza a girar más rápido la línea se saldrá de control, ocasionando un accidente y así mismo pérdidas monetarias para la empresa. Situaciones similares ocurren en la industria papelera y la industria de la transformación como el caso específico de: procesos de laminado o procesos de trefilado, en los que se tiene dos actuadores moviendo el material y de no existir un lazo de control que ayude a tener un movimiento uniforme se corre el riesgo de que el material se rompa y se dañe o que simplemente se deforme y se vuelva inservible.

Este tipo de sistemas es muy común en la industria de la manufactura, principalmente del papel; las bandas que transportan el papel se mueven por rodillos, en caso de que estos rodillos no tengan la misma velocidad todo el tiempo, la tensión en la banda (papel) cambiaría pudiendo producir dos posibles condiciones. La primera la podemos denominar un atasco en la línea de papel si la primera referencia tiene una mayor velocidad que la segunda esto provocaría que la banda se aflojé y se atascará en el segundo rodillo. La segunda opción sería una ruptura en el papel si el segundo rodillo gira más rápido que el primero, esto provocaría un exceso en la tensión de la banda y sucederá una ruptura en el papel.

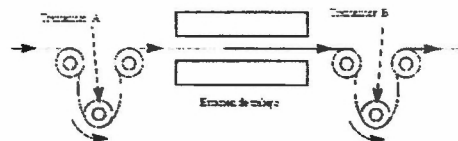


Fig. 1 Sistema de Transmisiones Acopladas

En la Figura 1 se ve como los rodillos transportan el material a la largo de la línea, el primer punto donde pasa es el Transmisor A, aquí se registra la velocidad en el rodillo para obtener una señal de referencia. El siguiente punto por donde pasa la banda es la estación de trabajo, aquí puede sufrir alguna transformación el material, por ejemplo, en el caso de una imprenta la estación de trabajo podría ser donde se entinta el papel. Finalmente pasa por el Transmisor B en este punto también se registra la velocidad del rodillo para poderla comparar con la del primer rodillo y hacer que sean idénticas, para así garantizar estabilidad, en cuanto a velocidad se refiere.

Otra aplicación donde se utiliza un sistema similar al mostrado en la figura 1 es los procesos de laminado y trefilado, en los que se necesita que los dos rodillos encargados de extraer el material tengan la misma velocidad, para que el material

salga de una manera uniforme y constante; ya que de no ser así deformaran el material produciendo mucho desperdicio y con esto perdidas monetarias. De esta manera se logra un acoplamiento dinámico entre la velocidad y la tensión del material, ya sea en el caso de la banda o de la extrusión; esto es debido a que al cambiar la velocidad cambiará la tensión, por lo que las variables están íntimamente ligadas.

El acoplamiento dinámico entre la velocidad y la tensión en la estación de trabajo, implica que se debe tener cuidado especial cuando se controlan estas dos variables. Idealmente sería conveniente manipular los transmisores de los motores de la Terminal A y la Terminal B efectuando un control independiente de la velocidad y la tensión en la estación de trabajo. Sin embargo, estas dos variables son dependientes una de la otra, tal que el analista de control de sistemas, además de los objetivos normales del control retroalimentado, debe encontrar algún otro método para reducir el acoplamiento entre la velocidad y la tensión.

Un sistema de transmisiones acopladas es un sistema Múltiples Entradas Múltiples Salidas MIMO (por sus siglas en inglés *Multiple Input Multiple Output*) de dos entradas y cuatro salidas.

completo es de hecho para ser un sistema multivariable

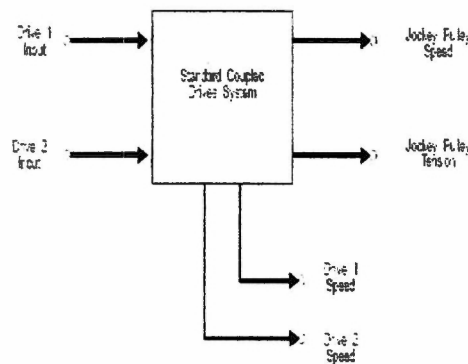


Fig. 2 Diagrama de entradas y salidas

Como se puede apreciar en la Figura 2 el sistema consta de dos motores, en cuyos ejes están montadas un par de poleas, las cuales son las llamadas transmisoras de velocidad. Estos dos motores son las dos entradas del sistema, ya que al manipular la velocidad de cualquier de ellos se cambian las condiciones de todo el sistema. En el sistema encontramos una tercera polea, denominada de posición o comodín, la cual está unida a las poleas transmisoras por medio de una banda elástica. El ensamble de la polea de la polea de posición es análogo a una estación de trabajo donde se puede medir la posición de la polea comodín. Esta medición de posición se hecha por un sensor de posición el cual mide el nivel de desplazamiento en la polea.

En este sistema de transmisiones acopladas los dos motores de entrada llamados Transmisores de Torque se encuentran unidos a la polea comodín o

polea central por medio de una banda elástica. Planteando un caso ideal en que la banda no patina y no existen pérdidas de energía, si uno de los motores gira a cierta velocidad las tres poleas tendrían esa misma velocidad, por lo que no sería necesario un controlador. Pero estas condiciones ideales no existen, por lo que tenemos que tener en consideración que la banda va a patinar por lo que necesitamos establecer un control en los motores transmisores de torque, para así poder garantizar un control en la polea comodín. Este control en los motores de entrada tiene que hacer que la velocidad entre estos dos sea sincrona, es decir que sea exactamente la misma.

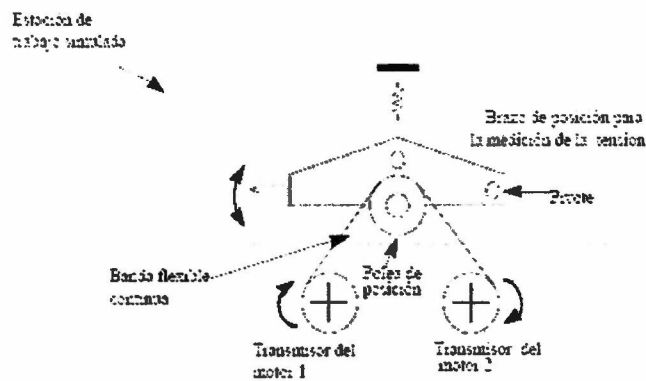


Fig. 3 Poleas transmisoras y polea comodín

En la Figura 3 podemos ver un esquema simplificado del aparato de transmisiones acopladas, en el cual se muestran las poleas transmisoras de las Terminales A y B y el acoplamiento de la polea comodín. Aquí encontramos un nuevo elemento el brazo de posición, el cual define la posición vertical de la polea comodín, definiendo así los cambios de tensión en la banda.

La tensión en la banda es medida indirectamente por el monitoreo de la deflexión angular del brazo pivoteado, en el cual la polea de posición está ensamblada. La deflexión de este brazo es detectada por un transductor. La deflexión es transmitida a través del resorte tensor y la geometría del aparato, por la tensión en la banda flexible a medida que ésta pasa sobre la polea comodín. Si se requiere, la tensión en el brazo puede ser fijada en una posición para algún uso particular, pero al hacer esto es necesario tomar en cuenta que se deshabilita al medidor de la tensión; sin embargo, esto simplifica la dinámica del aparato y facilita la medición de ciertas características del sistema.

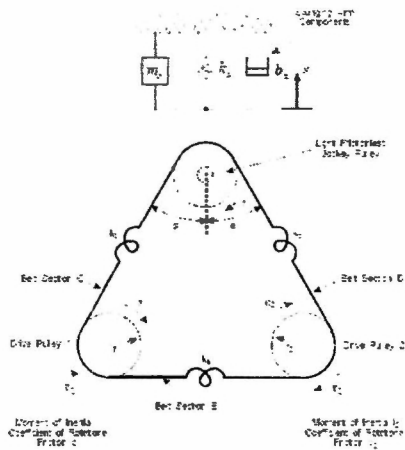


Fig. 4 Diagrama de fuerzas (control systems principles)

En la Figura 4 se muestra el diagrama esquemático del diseño del dispositivo, en el cual un carro, esta sustituyendo a el brazo pivoteado, este dispositivo puede ser representado por un sistema masa, resorte, amortiguador. Por lo que se debe de mantener un buen balance entre el peso total del carro (que incluye a la polea comodín) y las características del resorte que se emplea.

Es digno destacar que se marca una "k" en las bandas, debido a que estas serán elásticas y por las características del material tienen su respectivo coeficiente de restitución. Esto afecta al sistema en la fuerza que genera la banda al haber una variación en la entrada de los motores, ya que de ser muy alta la "k" el paso de movimiento será muy grande (entendamos por paso: la razón de cambio que hay en una variable, al alterarse otra). Si la "k" es muy pequeña la banda no será suficientemente fuerte para mover el carro, por lo que este permanecerá en la misma posición sin importar el cambio en la variable de entrada. Por lo que es muy importante que se escoja bien la banda, ya que de este elemento es clave en el buen desempeño del prototipo.

En el mercado existen algunos dispositivos que emulan una planta de transmisiones acopladas, dichos aparatos permiten hacer practicas didácticas de control y establecer estrategias analógicas y digitales, para poder controlar sus variables. Para adquirir estos dispositivos se necesita hacer una inversión considerable, por ejemplo, el CE-108 que produce la empresa TECQUIPMENT requiere de una inversión aproximada de \$18000 USD. La plataforma que ofrece el CE-108 permite plantear estrategias tanto de control análogo como digital, lo cual lo hace de este dispositivo una magnifica elección.

Por esta razón se busca realizar un dispositivo de transmisiones acopladas que posea características similares al CE-108, tanto En su funcionamiento como en su forma de ser controlado, pero que requiera un menor inversión.

II. OBJETIVOS

El principal objetivo que se ha planteado es construir un sistema que simule al CE-108 "Aparato de Transmisiones Acopladas" de TECQUIPMENT, este dispositivo tendrá fines didácticos para poder usado por el instituto en el laboratorio de control, para que los alumnos desarrollen practicas y prueben estrategias de control. Es importante que el sistema sea robusto, ya que será usado por múltiples usuarios, se estiman unos 60 alumnos por semestre, por lo que debe ser fuerte tanto en su estructura, como en su instrumentación.

Uno de los objetivos principales de nuestro dispositivo es reemplazar el brazo pivoteado por un carro que se moverá solamente en el eje vertical. Esto con la finalidad de simplificar el diseño y mejorar su desempeño, ya que la polea transmisora solamente responde a un movimiento vertical. Esto también facilita el control de posición de la polea comodín, ya que hace posible el uso de un sensor proporcional para obtener la señal de referencia.

El punto de partida es un dispositivo que se hizo previamente, el cual se encuentra en el laboratorio de control, éste dispositivo tiene diversas fallas tanto en su diseño como en su desempeño.

El rediseño del dispositivo tiene que solucionar todos los problemas que se presentan en el primer diseño, para que el dispositivo sea funcional y pueda operar adecuadamente. Este sistema servirá para plantear estrategias de control tanto analógico como digital para poder ser usado por los alumnos de laboratorio de control como material didáctico.

III. ESTADO DE LA PRACTICA

Como se plantea en los objetivos es necesario elaborar un rediseño completo del dispositivo que se tenía, pues su desempeño fue evaluado y analizado a fondo, encontrando muchas fallas tanto en su diseño estructural como en su comportamiento mecánico, por lo que se llegó a la conclusión de que trabajar sobre la misma plataforma sería muy costoso tanto en tiempo como en esfuerzo, pero la experiencia *a priori* que nos otorga el poder partir de estos errores es un recurso valioso para poder construir un nuevo dispositivo en el cual no se caiga en los mismos errores.

Las fallas encontradas en el primer dispositivo fueron demasiadas, pero entre las más importantes podemos mencionar:

- Fricción en la polea central.
- Fricción en el carro.
- Diseño del carro.
- Presentación
- Mal alineamiento en los motores.
- Mal alineamiento en las poleas.

- Mal acoplamiento de los tacogeneradores.
- Descompensación en el carro.
- Error de diseño en el perno.
- Poleas mal maquinadas.
- Estructura del riel desalineada.
- Resorte mal acoplado.

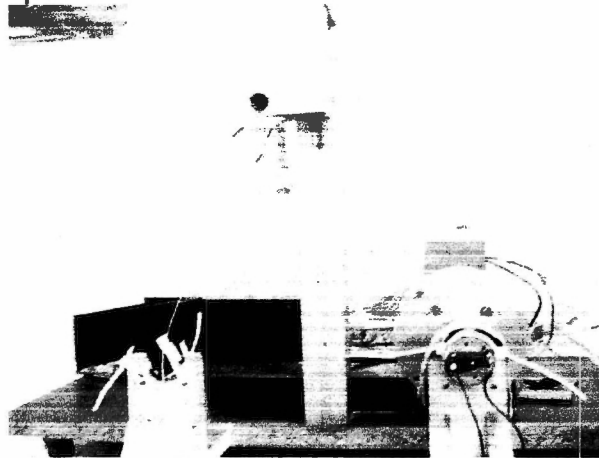


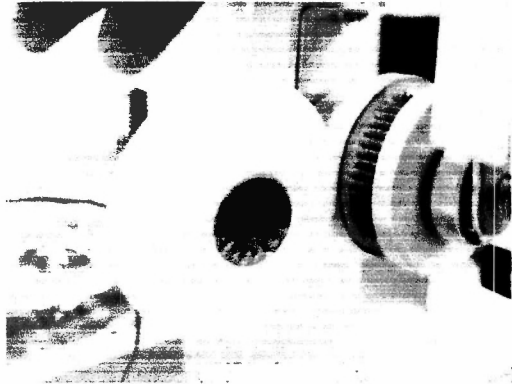
Fig. 5 Vista del sistema anterior

La Figura 5 nos muestra el estado actual del dispositivo que teníamos que rediseñar; éste no se encuentra en condiciones de operación pues le hace falta un motor. Por este motivo no pudimos hacer pruebas para evaluar su desempeño, pero con los errores que se encontraron a simple vista bastaron para decidir hacerlo de nuevo.

En esta imagen (Figura 5) podemos observar que el riel tiene una ligera inclinación, lo cual afecta terriblemente el desempeño del dispositivo, ya que el movimiento del carro pierde proporcionalidad debido a que se generan fuerzas en diferentes direcciones debido a las componentes que provoca la inclinación. Esta parte es la médula del mecanismo ya que del adecuado desplazamiento del carro depende el buen funcionamiento del sistema.

Se puede percibir también que las bases de los motores no se encuentran a la misma distancia del centro del riel, esto provoca una descompensación de fuerzas afectando nuevamente el desempeño global del sistema. La suma de todas las descompensaciones que se van acumulando en el sistema dan como resultado un sistema mecánico difícil de analizar y por lo mismo casi imposible de controlar.

Estos errores estructurales pueden parecer sencillos a simple vista, pero a la hora de valorar su impacto en el comportamiento resultan ser de importancia crucial. Además de estos errores estructurales se han encontrado errores de diseño que afectan el desempeño del sistema, estos errores se comentan a continuación.



ig. 6 Actuador

Uno de los errores de diseño mas importantes a considerar en el dispositivo original es el acoplamiento del tacogenerador que sensa la velocidad de la polea central, dicho acoplamiento presenta un problema, el cual es transmitir el giro de la polea hacia la flecha del motor. Este problema no fue resuelto debidamente, ya que el actuador mecánico que transfiere el movimiento es una goma de borrar, como lo muestra la Figura 6, lo cual no es adecuado debido a que genera mucha fricción, pérdida de energía y ruido en la señal (siendo esta ultima la más importante, ya que este proceso va a ser controlado).

Otro problema encontrado en el diseño lo podemos apreciar en la Figura 6, el acoplamiento de la polea es que el elemento trasmisor se encuentra a un lado de la parte móvil, que durante el desarrollo la llamaremos carro lo cual produce un desbalanceo de masas, y también genera momentos lo cual hacen que el desplazamiento sea deficiente. Nuevamente encontramos elementos que desbalancean al sistema y cambian su dinámica natural provocando una tendencia natural al giro (debido a que aumenta el momento), esta condición es imperativo que se elimine, ya que dificulta la tarea de control por el ruido mecánico que se induce en el sistema.

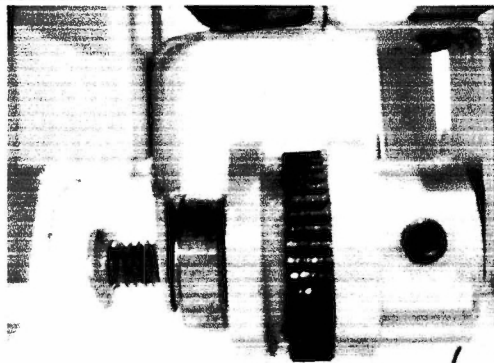


Fig. 7 Carro del dispositivo

Otro punto para rediseño que se ha localizado es el perno del carro, el cual podemos observar en la Figura 7. Este elemento es un tornillo, lo cual no resuelve el problema de darle movilidad a el carro del dispositivo, al contrario, provoca que el movimiento sea limitado y entorpece el desempeño del sistema mecánico. Dicho perno genera demasiada fricción (debido a la curda del tronillo) e impide el libre deslizamiento del carro en el riel, recordemos que el riel no es perpendicular a la base; situación que también influye en mal funcionamiento del carro. Se han encontrado casos en que el tornillo impide completamente el movimiento del carro. El libre deslizamiento del carro es necesario y de vital importancia para que el desplazamiento del carro no añada fuerzas externas en el sistema, que perturben su comportamiento y desempeño

En el diseño del carro actual también se ha encontrado un error en el acoplamiento del resorte, el cual no esta fijado de una manera adecuada. Este problema influye nuevamente en la respuesta del sistema, ya que al no estar centrado el resorte combinado con el mal balanceo de la masa provocará que la fuerza de tensión en el resorte tenga componentes diferentes (En los tres ejes del espacio cartesiano).



Fig. 8 Poleas

Otro punto muy importante que se ha observado rediseñar son las poleas de los motores y la polea central, como podemos ver en la Figura 8, las poleas no están alineadas. Este mal alineamiento genera nuevamente un desbalanceo en el sistema que provoca que el sistema cambie su dinámica haciendo del sistema un caos imposible de controlar. Las poleas son uno de los componentes más importantes del sistema ya que estas son en donde acoplan las bandas en las cuales se va a controlar la tensión y la velocidad, y si estas no corren bien no será posible manipularlas a placer. Es muy importante que las poleas estén bien

alineadas para que la banda corra suave y libremente, ya que de no ser así las bandas pueden salirse de la polea, o pueden torcerse, generando vibración.

Otro error hallado en las poleas es que la sección del canal no es constante, esto puede provocar que la banda se desvíe y en un caso se extremo se salga de las poleas. Esta condición también genera vibración en el sistema, por lo que habrá interferencia mecánica a la hora de obtener los datos y esto dificultará la tarea de control.

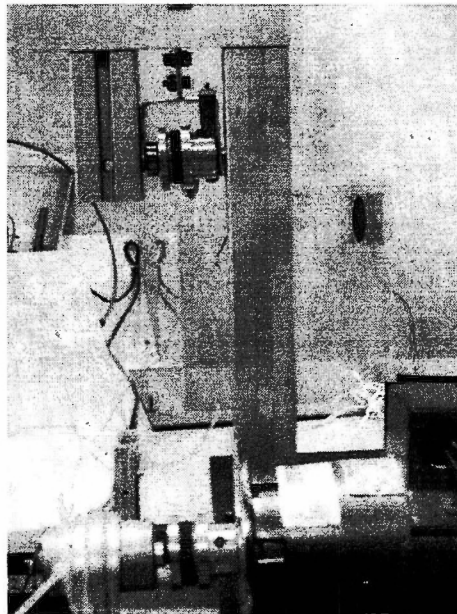


Fig. 9 Vista lateral

En la figura 9 podemos ver el como las poleas se encuentran desalineadas, por lo que el sistema a diseñar debe garantizar este alineamiento para poder funcionar de una manera adecuada.

Todos los errores que hemos encontrado en este diseño parecen ser pequeños y sin relevancia alguna, pero al juntarse muchos errores pequeños se crea un error muy grande el cual puede resultar en un sistema completamente inestable y muy difícil de controlar. Es bueno tener un punto de partida para diseñar un dispositivo, ya que se toman errores anteriores para poder llegar a una mejor decisión, ya que el problema se puede ver des varias perspectivas

V. TEORIA SOBRE DISEÑO

Ya que se ha pedido diseñar un sistema lo más importante es partir de conocer que es el diseño como teoría y algunos puntos importantes que debemos observar para tener un diseño exitoso. Si buscamos diseño en la literatura podemos encontrar un sin fin de definiciones, algunas consideran como una función meramente estética y algunos otros autores nos dan una definición más a

fondo de la concepción del diseño. El diccionario Webster define al diseño como *“Actuar conforme a un plan”* pero esta definición deja fuera el crear algo nuevo que nunca antes se ha realizado. Esta es una definición apta para un ámbito técnico, pero tenemos que tener en consideración que de igual manera un artista genera un plan para crear una nueva obra.

Los ingenieros no son los únicos que tienen la tarea de diseñar, pero la ingeniería no puede concebirse sin el proceso de diseño, es más algunos autores consideran al diseño como pilar en la práctica de la ingeniería. Ahora tratemos de dar una definición de lo que es el diseño desde un punto de vista más ingenieril: diseñar es crear algún nuevo elemento o también modificar alguno ya existente para satisfacer de otra manera una necesidad. Esto es muy importante ya que el satisfacer las necesidades del hombre es lo primordial de la ingeniería, por lo que si hablamos de diseño ingenieril el llenar alguna necesidad es lo más importante. Otra manera en que podemos llamar a este proceso de crear algo nuevo es *“sintetizar”* otro concepto importante a la hora de diseñar. Ya nos hemos dado una idea de que es el diseño y algunos de sus conceptos importantes, pero aun no hemos definido formalmente lo que es el diseño, por lo que tomaremos la definición que da J. F. Bulmirch *“El diseño establece y define soluciones a necesidades que no han sido resueltas antes, o plantea nuevas soluciones a necesidades que ya han sido resueltas con anterioridad.”* Por lo que se puede entender al diseño como ciencia y como arte. La ciencia puede aprenderse mediante técnicas y métodos, pero el arte solo se aprende practicándolo, por lo que debemos basarnos en experiencia anteriores en el área de diseño para tener un dispositivo exitoso.

Un buen diseño requiere que se haga análisis y síntesis. Lo más sencillo para resolver un problema es descomponerlo en partes simples y fáciles de manejar. De esta manera podemos entender mejor como es que cada parte funciona dentro del sistema, así como entender su comportamiento y poder decidir que hacer con esa pieza. Este análisis se tiene que realizar para cada una de las piezas por separado, entender como es que cada una de las piezas encaja en el sistema completo, para poder hacer un diseño más eficiente. Después se necesita un proceso de síntesis, en el cual se ponen todas las piezas diseñadas una por una a trabajar juntas, de esta manera tenemos un diseño más estructurado y sistema más funcional.

Es importante tener en consideración que el diseñar siempre representa un reto por lo se sugiere seguir las 4 C's del diseño.

- Creatividad (creativity)
- Complejidad (complexity)
- Opciones (choice)
- Compromiso (compromise)

Estas nos llevaran a un diseño exitoso y adecuado de nuestro sistema. Pero es importante seguir una metodología de diseño para poder trabajar de una

manera estructurada y ordenada. Para garantizar esta forma estructurada de trabajo es necesario seguir un proceso de diseño, para garantizar una metodología amplia y detallada que nos ayude a resolver el problema.

El proceso de diseño es una guía general de los pasos que pueden seguirse para dar al Ingeniero cierto grado de dirección para la solución de problemas. Los diseñadores emplean un gran número de combinaciones de pasos y procedimientos de diseño, pero no se puede decir que haya una combinación óptima. El seguir las reglas estrictas del diseño no asegura el éxito del proyecto y aún puede inhibir al diseñador hasta el punto de restringir su libre imaginación. A pesar de esto, se cree que el proceso de diseño es un medio efectivo para proporcionar resultados organizados y útiles. Las etapas del proceso de diseño son:

- Identificación del problema.
- Ideas preliminares.
- Perfeccionamiento.
- Análisis.
- Decisión.
- Realización.

A) Identificación del problema

Es importante en cualquier actividad constructiva dar una definición clara de los objetivos para así tener una meta hacia la cual dirigir todos los esfuerzos. La identificación de la necesidad de un diseño se puede basar en datos de varios tipos: estadísticas, entrevistas, datos históricos, observaciones personales, datos experimentales o proyecciones de conceptos actuales.

Definir es establecer los límites; es delimitar el problema y el alcance de la solución que está buscándose. Es indicar lo que se quiere hacer y a dónde no se quiere llegar. Definir un problema es la parte más complicada en el proceso de diseño; una equivocación a esta altura representa un enorme error al final.

Esto se puede lograr de la siguiente manera:

- Comprensión del problema: efectuar entrevistas, informes.
- Recopilación de datos: realizar encuestas, efectuar mediciones.
- Analizar los datos: comprobar hipótesis, establecer relaciones causa-efecto.
- Formulación del problema: sintetizar de la mejor forma todo lo hallado.

B) Identificación del problema

Una vez que se ha definido y establecido el problema en forma clara, es necesario recopilar ideas preliminares a partir de las cuales se pueden asimilar los conceptos del diseño. Esta es probablemente la parte más creativa en el proceso de diseño. Puesto que en la etapa de identificación del problema solamente se

han establecido limitaciones generales, el diseñador puede dejar que su imaginación considere libremente cualquier idea que se le ocurra. Estas ideas no deben evaluarse en cuanto a factibilidad, puesto que se las trata con la esperanza de que una actitud positiva estimule otras ideas asociadas como una reacción en cadena. El medio más útil para el desarrollo de ideas preliminares es el dibujo a mano alzada.

C) Perfeccionamiento del problema

La etapa de perfeccionamiento es el primer paso en la evaluación de las ideas preliminares y se concentra bastante en el análisis de las limitaciones. Todos los esquemas, bosquejos y notas se revisan, combinan y perfeccionan con el fin de obtener varias soluciones razonables al problema. Deben tenerse en cuenta las limitaciones y restricciones impuestas sobre el diseño final. Los bosquejos son más útiles cuando se dibujan a escala, pues a partir de ellos se pueden determinar tamaños relativos y tolerancias y, mediante la aplicación de geometría descriptiva y dibujos analíticos, se pueden encontrar longitudes, pesos, ángulos y formas. Estas características físicas deben determinarse en las etapas preliminares del diseño, puesto que pueden afectar al diseño final.

D) Análisis

El análisis es la parte del proceso de diseño que mejor se comprende en el sentido general. El análisis implica el repaso y evaluación de un diseño, en cuanto se refiere a factores humanos, apariencia comercial, resistencia, operación, cantidades físicas y economía dirigidos a satisfacer requisitos del diseño. Gran parte del entrenamiento formal del ingeniero se concentra en estas áreas de estudio.

A cada una de las soluciones generadas se le aplica diversos tamices para confirmar si cumplen las restricciones impuestas a la solución, así como otros criterios de solución. Aquellas que no pasan estos controles son rechazadas y solamente se dejan las que de alguna manera podrían llegar a ser soluciones viables al problema planteado.

E) Decisión

La decisión es la etapa del proceso de diseño en la cual el proyecto debe aceptarse o rechazarse, en todo o en parte. Es posible desarrollar, perfeccionar y analizar varias ideas y cada una puede ofrecer ventajas sobre las otras, pero ningún proyecto es ampliamente superior a los demás. La decisión acerca de cual diseño será el óptimo para una necesidad específica debe determinarse mediante experiencia técnica e información real. Siempre existe el riesgo de error en cualquier decisión, pero un diseño bien elaborado estudia el problema a tal profundidad que minimiza la posibilidad de pasar por alto una consideración importante, como ocurriría en una solución improvisada.

F) Realización

El último paso del diseñador consiste en preparar y supervisar los planos y especificaciones finales con los cuales se va a construir el diseño. En algunos casos, el diseñador también supervisa e inspecciona la realización de su diseño. Al presentar su diseño para realización, debe tener en cuenta los detalles de fabricación, métodos de ensamblaje, materiales utilizados y otras especificaciones. Durante esta etapa, el diseñador puede hacer modificaciones de poca importancia que mejoren el diseño; sin embargo, estos cambios deben ser insignificantes, a menos que aparezca un concepto enteramente nuevo. En este caso, el proceso de diseño debe retornar a sus etapas iniciales para que el nuevo concepto sea desarrollado, aprobado y presentado.

VI. DESARROLLO DEL DISEÑO

El primer diseño que se realizó para nuestro prototipo de transmisiones acopladas esta basado en la idea de tener dos motores que tienen cada uno su polea respectiva fijados en una base de acrílico negro y una polea central movable que gira libremente sobre un eje en la parte superior sujeta por un resorte y fijada a un carro que se mueve en un riel que solo permite el movimiento vertical. Las tres poleas están unidas por una banda elástica de tal forma que la variación de velocidad de los motores genera variaciones en la tensión de la banda por lo tanto se mueve la polea central y este movimiento se pretende medir con un sensor de posición de tal forma que podamos hacer la corrección en la velocidad de los motores para que giren a la misma velocidad, garantizando que la tensión sea la mínima, por otro lado se mide la velocidad de cada uno de los motores con unos sensores de velocidad angular colocado en la parte frontal de la polea de cada uno de los motores y de igual forma se mide la velocidad de la polea central movable con un sensor que se mueve conjuntamente con el carro.

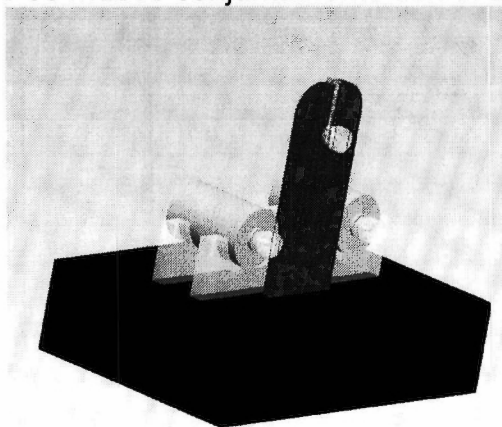


Fig. 10 Diseño inicial del dispositivo

Debajo de la base que tiene forma de caja se colocará la parte electrónica del dispositivo de tal manera que no sea visible, y únicamente se tengan por la parte superior las entradas para las conexiones que se van a utilizar para realizar el control del dispositivo

Los motores están sujetos con dos bases que abrazan al motor y se aprietan con tornillos.

El riel esta conformado por una placa de acrílico con un canal donde se desliza el carro también de acrílico, los cuales son trabajados con un pulido y líquido antiestático para reducir la fricción generada por el movimiento.

El resorte esta fijado a la tapa del riel mediante una armella y de igual forma sujeta al carro con una armella incrustada en la parte superior del carro.

En la figura 10 podemos observar un dibujo del diseño conceptual inicial.

A. Diseño inicial.

Lo primero que fue diseñar y dimensionar cada pieza ya con los respectivos problemas de diseño resueltos para después dibujar cada pieza en un software tipo CAD. El primer problema al que nos enfrentamos y decidimos solucionar fue el del riel que nos permite alinear las poleas y se busca disminuir la fricción. La solución que se proyectó fue un placa de acrílico, la cual iba a ser fijada sobre una base del mismo material esto con la finalidad que al acoplar los motores, estén paralelos y las poleas se alienen en la parte inferior. Esta placa llevará un canal en la parte central en el cual un carro, el cual llevara tercera polea y se desplazará de forma vertical.

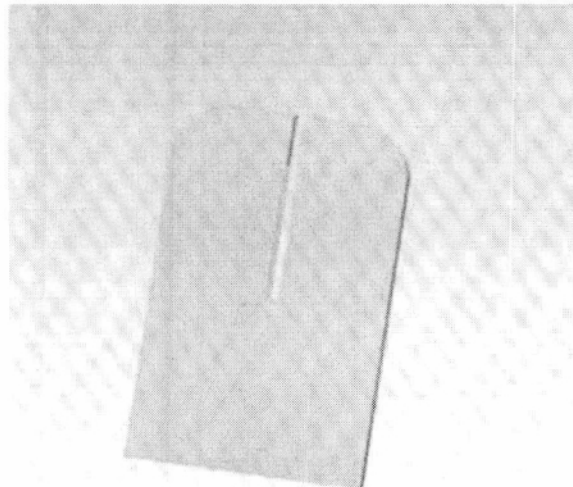


Fig. 11 Dibujo de la placa con el canal

La Figura 11 muestra la placa con su canal, este arreglo permite que al estar en contacto con una superficie paralela las poleas estén alineadas y esto no interfiera con ruido en el sistema que se desea controlar posteriormente. El problema de la fricción en el perno iba ser solucionado poniendo en el acrílico un

tratamiento antiestático, el cual le permite al acrílico poder desplazarse al estar en contacto con otra pieza. También con fin de disminuir la fricción se decidió que el canal serán dos placas unidas, para reducir el área de contacto y así mismo la fuerza de fricción.

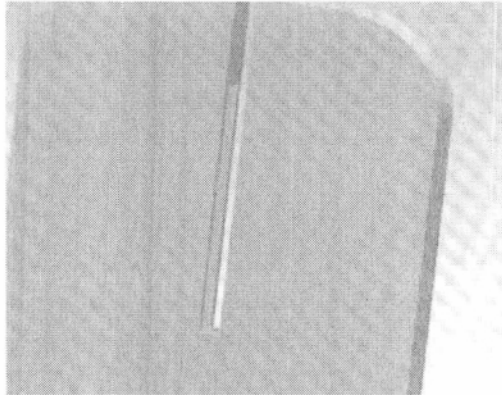


Fig. 12 Acercamiento del canal

En la Figura 12 podemos ver un acercamiento de el dibujo, como se puede apreciar, el canal está hueco en su parte interna, esto se había planteado con fin de reducir la fricción. La reducción de la fricción de esta forma evitaría que el carro se atorase a la hora de correr.

Para el acoplamiento del carro inicialmente se tenía pensado acoplarlo directamente a la polea al motor para tener una señal más limpia y una mejor respuesta del sistema. Esto es para eliminar el elemento transmisor del tacogenerador ya que mete mucho ruido aparte de darle mayor volumen y más peso aunque más adelante explicaremos los cambios en esta parte del diseño.

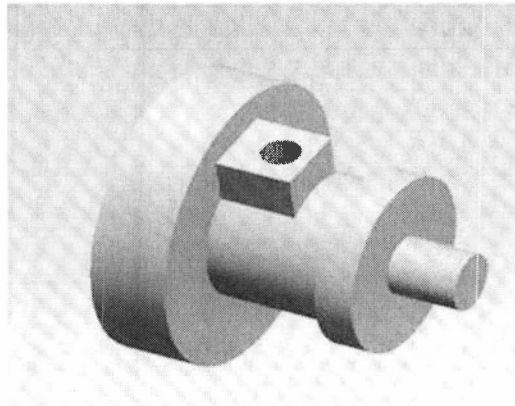


Fig. 13 Dibujo del carro original

Hemos podido comprobar experimentalmente que un motor directamente acoplado a la flecha produce menos ruido que uno que se utiliza un elemento externo para transmitir la potencia de un punto a otro, por ejemplo, con un disco u un cojinete o una banda. Por estos motivos se ha diseñado originalmente el carro para empotrar un motor en la parte trasera de este.

Otro punto que hay que observar son las poleas, las cuales son de vital importancia para el dispositivo; dichas poleas se han rediseñado por completo, esto debido a que las que se tenían inicialmente no están parejas y no se pueden alinear; en caso de no alinearse se tendrá ruido y una señal poco uniforme, lo cual hará que el sistema tienda a la inestabilidad.

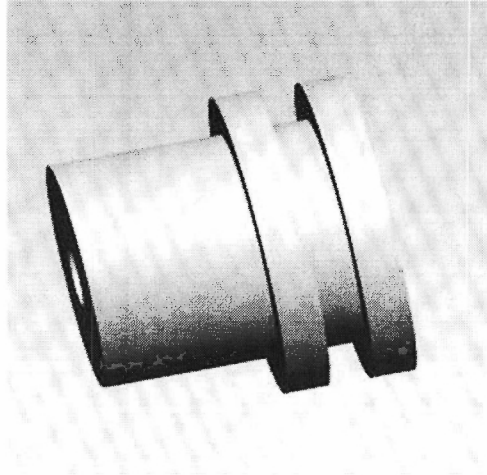


Fig. 14 Dibujo de la polea

Las poleas, las cuales se muestran en la Figura 14 tienen una sección de revolución cuadrada, para que su fondo sea plano, estas como su nombre lo indica controlarán la tensión y velocidad de una banda plana. Las bandas planas se utilizan en bandas transportadoras las cuales son bandas planas que giran de un punto a otro, llevando así el material del punto inicial al punto final.

Otro problema era el fijar los motores a la base, ya que aparte de que tenían que estar a la misma altura para estar alineados en el eje vertical; y a su vez deben estar en el mismo plano para garantizar su alineamiento en el eje horizontal.

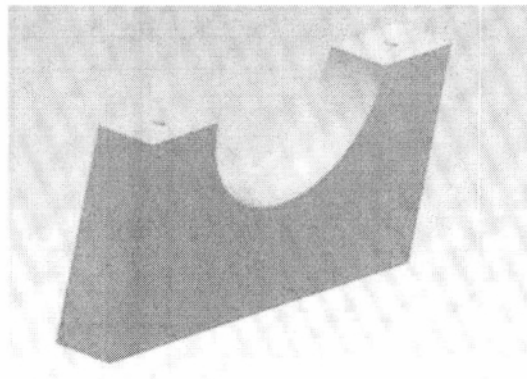


Fig. 15 Dibujo de la abrazadera del motor

Es importante también que tenemos un diseño dinámico, el cual tiene que ser flexible para poder removerlos en caso de necesitar una reparación, con este fin se decidió diseñar un juego de abrazaderas, la que se pueden apreciar en la Figura 15, para tener fijo el motor pero que se removible. Inicialmente se había planteado que a cada motor lo sujetaran cuatro abrazaderas, para conseguir que el motor no vibrará, siendo esto último muy importante, ya que si existe vibración el sistema perderá eficiencia.

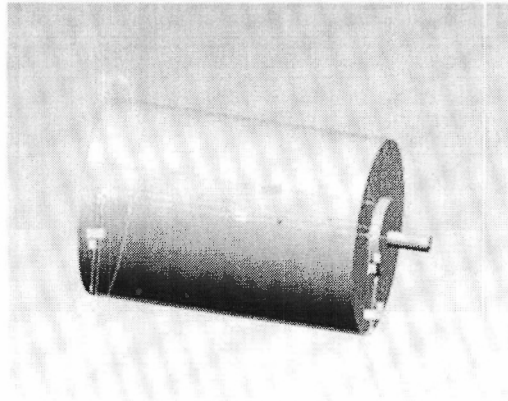


Fig. 16 Dibujo del motor

Los motores, ver Figura 16, fueron proporcionados por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Estos motores son motores de uso industrial y se utilizan como generadores de motores más grandes por lo que pueden ser muy lineales. Estos motores son la parte más importante del dispositivo ya que la velocidad de estos es lo que se desea controlar pensábamos diseñar un sistema de seguridad para proteger al usuario, por lo que los motores estarían dentro de una carcasa, para evitar posibles accidentes al operar el dispositivo.

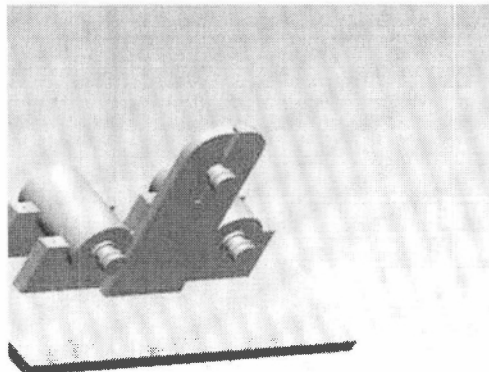


Fig. 17 Dibujo de la mesa inicial

En la Figura 17 vemos un ensamble de todas las piezas que se habían dibujado con anterioridad. Estos nos da una idea de cómo se veía la primer mesa que diseñamos. Una vez que ya se tenían dibujos dimensionados se procedió a construir las piezas.

A. Construcción y Pruebas

La parte mas complicada de realizar fue el carro y la polea de desplazamiento que tenía que poder girar y a vez desplazarse, en esta parte cambiamos de diseño puesto que como se mostró anteriormente teníamos un diseño redondo pero al hacer las pruebas observamos que la inercia del giro de la polea podría hacer girar el carro y debido a que este esta sujetado por el resorte por la parte de arriba podría generar que se deformara el resorte por un giro inesperado, por lo que se decidió hacer el carro de la polea de forma cuadrada y este quedó como se muestra en la siguientes figuras.

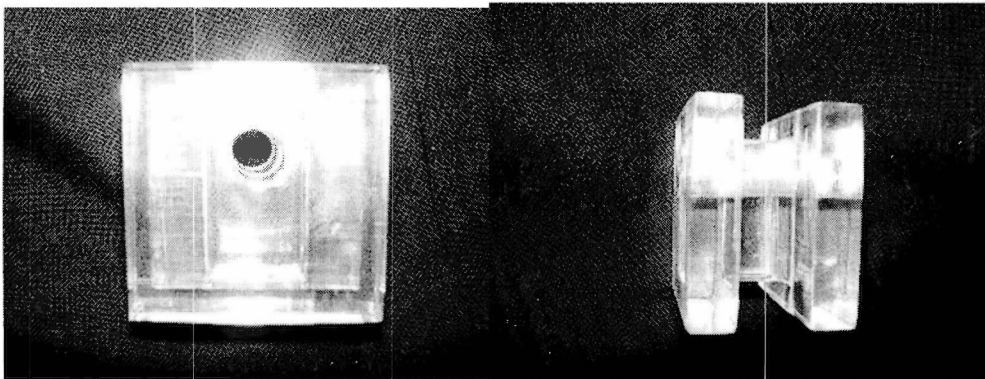


Fig. 18 Carro inicial

Una vez que se realizó el carro, Figura 18, se diseño el riel para reducir las tolerancias, ya que el riel era más sencillo de maquinar. Inicialmente el riel se fabricó de acrílico color transparente.

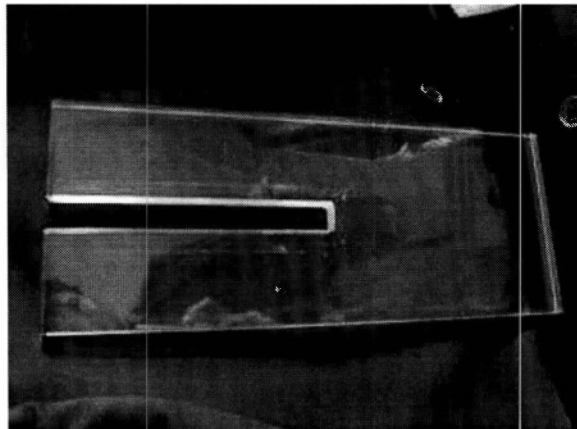


Fig. 19 Riel original

En la figura 19 vemos el riel original, por complicaciones de maquinado no pudo ser como se había planteado en el dibujo original, este diseño original tenía un canal hueco, ver Figura 12, pero el perfil sugerido requería de procesos complicados. El riel fue simplificado a simplemente un hueco cuadrado en el riel, el cual se le aplicaría un tratamiento para reducir la fricción con el carro.

Las poleas iniciales fueron modificadas debido a que la parte electrónica se decidió medir la velocidad de los motores por medio de un sensor óptico y esto hizo que las poleas tuvieran que ser diferentes para esto se hizo una parte de la polea como un disco y de esta forma se puede medir las revoluciones cada vez que pase la señal cuenta una vuelta para esto inicialmente la polea fue en un acabado transparente y se planeaba ponerle una marca que no dejara pasar la luz y finalmente el diseño tuvo que cambiarse nuevamente por problemas con la parte de óptica y se decidió que se hiciera la polea en un acabado matizado y con una perforación para poder medir una vuelta cada vez que pase la luz por la perforación.

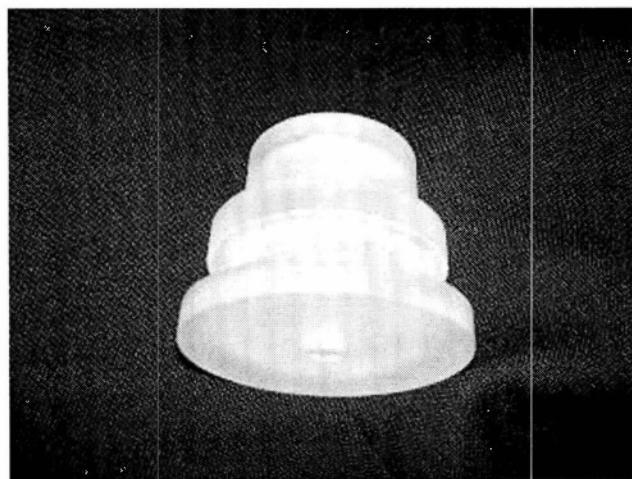


Fig. 20 Polea inicial.

En la Figura 20 se muestra la polea inicial esta pieza se muestra en acrílico con un acabado mate, esto con fin de ayudar al sensor óptico a dar una buena lectura de datos..

En el primer diseño de la polea central se había planteado insertando un rodamiento en la parte trasera de la polea, pero después de experimentar con éste diseño se llegó a la conclusión de que no era eficiente por lo que. Lo primero que observamos en las pruebas que con la vibración del motor podría aflojarse el rodamiento, este no podía ser pegado, ya que esto impediría su movimiento, por lo que se busco una nueva solución.

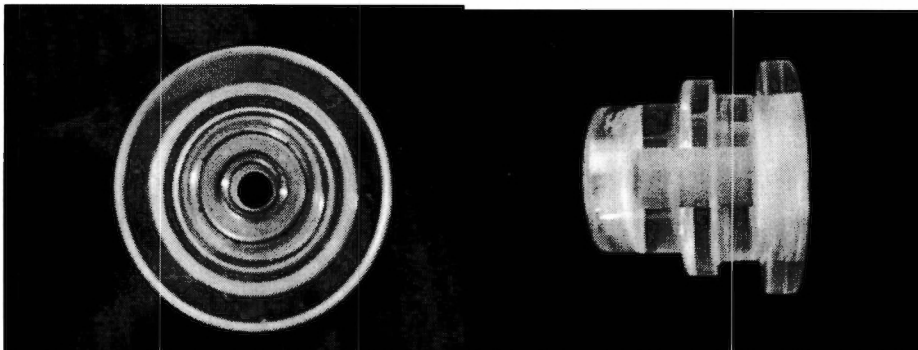


Fig. 21 Diseño de la polea central

La Figura 21 muestra un vista frontal y lateral de la polea central, podemos apreciar como esta empotrado un rodamiento al frente y otro atrás, esto se había plateado con la finalidad de que la polea girara libremente. También se aprecia un perforación al centro, al cual por medio de un buje recibe un eje, esta configuración permite que haya un gire libremente y elimina mucho la fricción.

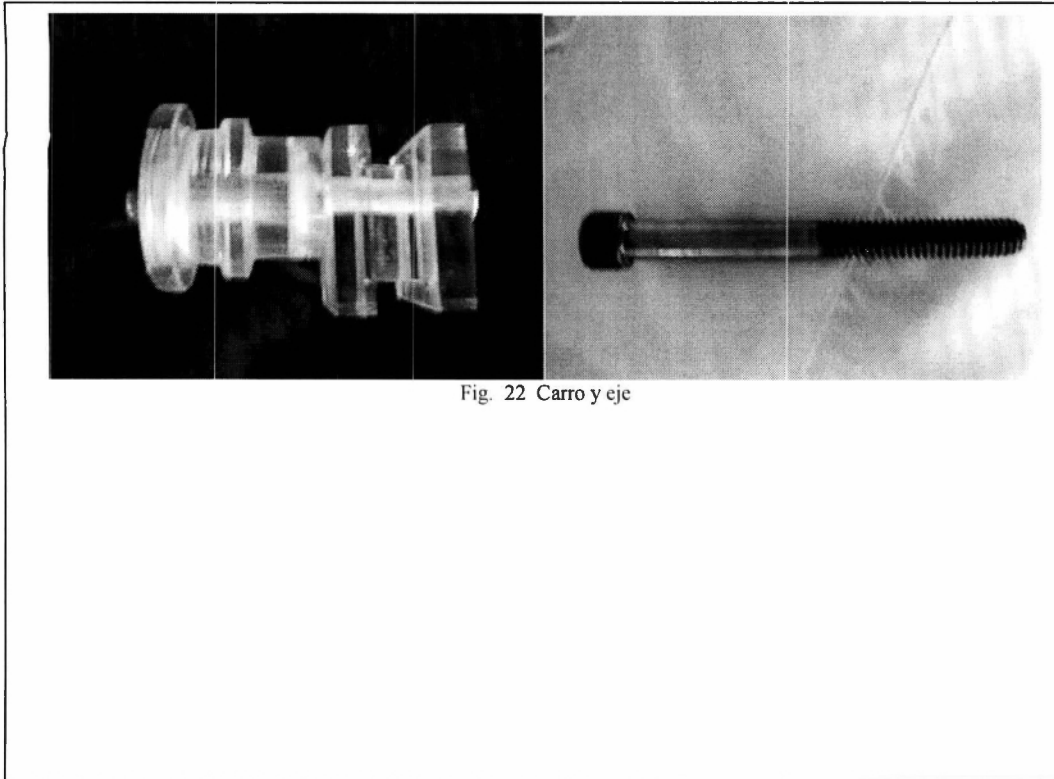


Fig. 22 Carro y eje

En la figura 22 se muestra el eje y el ensamble de este con el carro y la polea, este eje era fijado con turcas, por lo que requería de rondanas, para poder fijar el eje. Finalmente se probó todo el dispositivo y se comprobó que la fricción es mínima y el comportamiento de la polea fue el esperado se ensambló el sistema y se procedió a la selección del resorte para lo cual se probaron diferentes resortes algunos para aplicaciones automotrices y otros para básculas.

B. Nuevo diseño.

El aparato se rediseño debido a las complicaciones en la parte electrónica, se decidió cambiar los sensores que iban a ser opto sensores para medir las revoluciones de los motores se cambiaron por moto-generadores, con este cambio hubo que rediseñar casi todas las partes de nuestro diseño conceptual por lo que a continuación detallaremos cada una de las modificaciones respectivas.

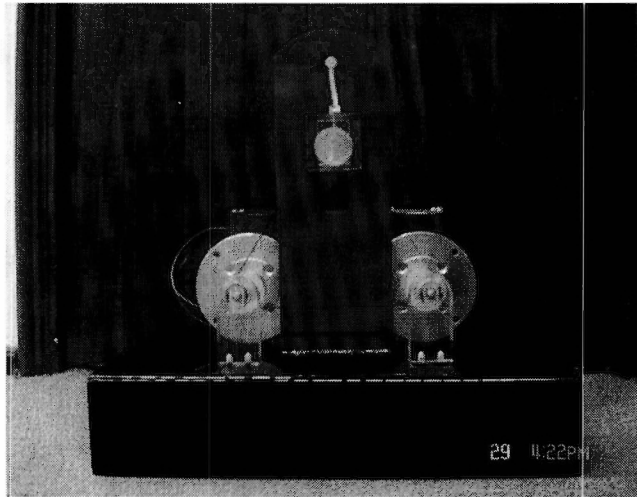


Fig. 23 Prototipo real

En la Figura 23 podemos ver un vista frontal del dispositivo, en el cual se pueden ver que los tacogeneradores, ya se encuentran acoplados, para esto hubo que diseñar unas bases, para poder alinear la flecha del los motores trasmisores a la flecha del generador, lo cuales fungen como sensor. Estos sensores ahora son motores de CD de propósito general parecidos a los usados en las caseteras. Estos motores se fijan a las bases de las que se habló con anterioridad mediante prisioneros, esto hace fácil remplazarlos en caso de ser necesario.

En el caso del sensor de la polea central el motor esta completamente acoplado directamente a la polea y el sensor se empotra en el carro y se fija mediante un prisionero para ser removible, al igual que los generadores que se encuentran en las bases

B. Carro y riel

Como se menciona anteriormente el carro tuvo que ser modificado en sus dimensiones para poder introducirle en el centro uno de los motores que va a sensar la velocidad.

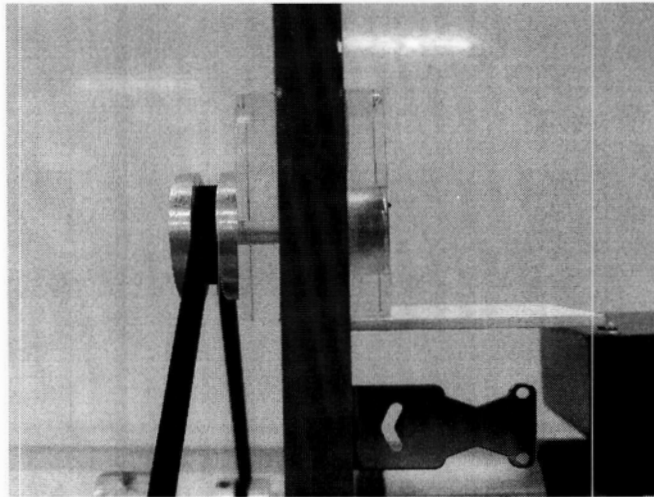


Fig. 24 Vista del carro

En la Figura 24 se puede apreciar como el motogenerador se encuentra dentro del carro y está directamente acoplado a la polea. En consecuencia del cambio en las dimensiones del carro se tuvo que ajustar el riel ampliándolo 2cm para el nuevo diseño, para que en nuevo carro pudiera deslizarse dentro del riel.

C. Poleas

Las poleas de los motores principales se hicieron con dos perforaciones de tal forma

Funcionan como acoplamiento entre el generador y el motor y se fijan mediante dos prisioneros que aprietan las respectivas flechas de cada uno de ellos.

La polea central móvil se hizo más corta para disminuir el torque generado por la tensión en la banda y la perforación se hizo de la medida exacta del generador que es fijado mediante un prisionero al igual que las demás partes.

Las poleas se fabricaron una vez que se decidió cuál iba a ser la banda que se iba a utilizar y de esta forma tienen la dimensión exacta para que no exista corrimiento en la banda.

D. Banda y resorte

Se realizaron pruebas con distintos resortes, de distintas longitudes, número de vueltas y resistencia, así como bandas de longitudes diferentes para lograr un óptimo funcionamiento del aparato. Estas pruebas fueron a prueba y error hasta que se encontró el par que hacían funcionar al sistema de una manera más limpia y suave.

VII. AJUSTES AL DISEÑO

Aunque el diseño fue modificado al ya estar armado se le fueron encontrando pequeñas fallas que era necesario ajustar, para que el dispositivo opere de una manera adecuada..

A. Motores

Uno de las complicaciones que tuvimos fue que al colocar los motores en la base uno de ellos quedó ligeramente girado, pero este error podría ser fatal para el funcionamiento del aparato por lo que se colocaron nuevamente los motores en una posición distinta para lograr corregir el problema y no tener que hacer parches que podrían fallar debido a que el hoyo aunque este relleno se convierte en un concentrador de esfuerzos.

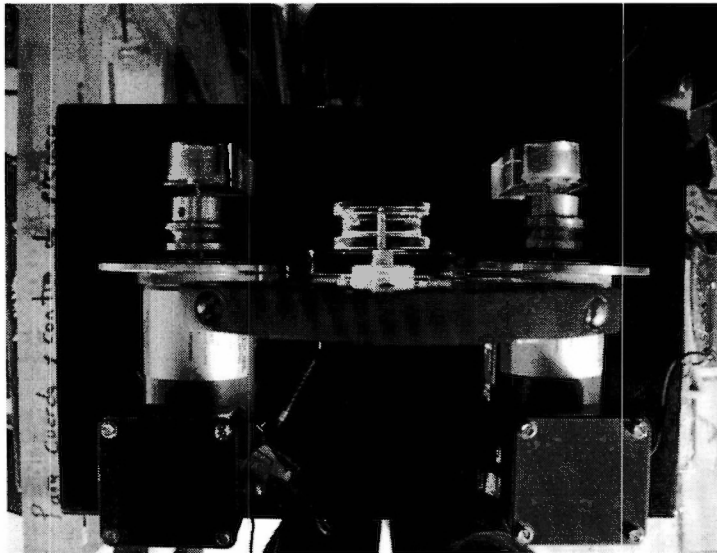


Fig. 25 Vista superior

En la Figura 25 podemos ver lo que se menciona anteriormente el motor de del lado derecho puede verse ligeramente girado, por lo que es necesario moverlo Para corregir el error se colocaron los motores por detrás del riel.

B. Barrido de prisioneros

Se utilizaron en el primer diseño de poleas unos prisioneros de 1/8 que eran tan pequeños que se barrieron en los primeros intentos por apretar la flecha por lo que decidimos cambiarlos por unos prisioneros de 3/16 y cambiamos el diseño de la polea.

C. Juego en el carro

El primer carro tenía demasiado juego, las dimensiones excedían aproximadamente 1 o 2 mm de cada uno de sus lados por lo cual no se deslizaba correctamente.

VII. PRUEBAS

Se probó el funcionamiento del dispositivo con varias bandas y con resortes diferentes y encontramos los siguientes problemas.

- Vibración de los motogeneradores
- Movilidad del Carro
- Desplazamiento máximo del carro
- Error en la polea derecha
- Baja Velocidad de los motores
- *Colocación del resorte*
- *Análisis de la tensión*
- *Dirección de la banda.*
- *Regreso de voltaje.*
- *Motogeneradores*

A continuación detallaremos cada uno de estos problemas y las posibles soluciones.

A. *Vibración de los motogeneradores*

A consecuencia de que los motores presentan una ligera diferencia en la alineación se tiene una pequeña vibración en todo el sistema. Para el motogenerador izquierdo la vibración es casi despreciable y no representa un riesgo para alterar los resultados a juzgar por nuestro criterio.

El motogenerador derecho presenta una vibración sumamente importante y se debe a que la base del motogenerador no está correctamente alineada con el motor correspondiente lo cual provocó incluso que se doblara ligeramente la flecha del motogenerador.

La solución a este problema es repetir la base del motogenerador y fijarla perfectamente alineada con el motor.

B. *Movilidad del Carro*

Después de realizar las pruebas con diferenciales de velocidad importantes en los motores logramos observar que el desplazamiento del carro es en algunos sentidos ineficiente, es decir, no regresa a su posición original de confort después de presentar un movimiento generado por la tensión en la banda, esto tal vez es el reto más importante en lo que se refiere a la parte mecánica de nuestro proyecto puesto que se pretende que el desplazamiento del carro sea lineal y proporcional a la tensión.

En lo que se refiere a la solución de este problema teníamos dos propuestas al principio la primera era rebajar las paredes del carro para poderle pegar una tira de paño y de esta forma reducir la fricción.

La segunda posibilidad era un poco más compleja sería ponerle ruedas al carro de tal forma que pudiera rodar con respecto al riel, esto no es nada sencillo por que requiere que las ruedas estén colocadas perfectamente simétricas por lo cual la descartamos. Finalmente lo que hicimos para lograr que el carro tuviera la mínima fricción fue rebajar las esquinas de contacto del riel y del carro.

C. Desplazamiento máximo del carro

El desplazamiento máximo del carro provocado la tensión de la banda aprox. 1cm.

Esto es otro de los retos más importantes en el proyecto ese centímetro es el rango que va a estar midiendo nuestro sensor de movimiento para regular la tensión en la banda, lo cual implica que la variación en desplazamiento tiene que ser lo suficientemente sensible para detectar al menos desplazamientos de $\frac{1}{2}$ milímetro para poder tener correcto sensado.

D. Error en la polea derecha

La polea derecha tenía un movimiento cónico provocado por un error en la perforación central esto hace que el motogenerador se mueva demasiado al estar unido al centro de esta polea, con esto se genera mucha vibración y podría traer consecuencias graves para el dispositivo por lo que se pretende rehacer ésta polea para evitar problemas futuros, lo que se hizo fue repetir las poleas ahora en aluminio para que tuvieran mayor durabilidad.

E. Baja Velocidad de los motores

Al probar los motores fue evidente que la velocidad de los mismos es bastante baja es decir con un voltaje alto tienen unas revoluciones bastante bajas lo que hace que los motogeneradores nos entreguen un voltaje extremadamente bajo, sin embargo, con Lab-View podemos trabajar con esos voltajes sin ningún problema.

F. Colocación del resorte

Una modificación que quitamos fue la fijación de los resortes por medio de tornillos ya que esto generaba un ligero torcimiento que hacia que el carro se atorara más, por esto que decidimos regresar a la colocación original del resorte colgando de las armellas.

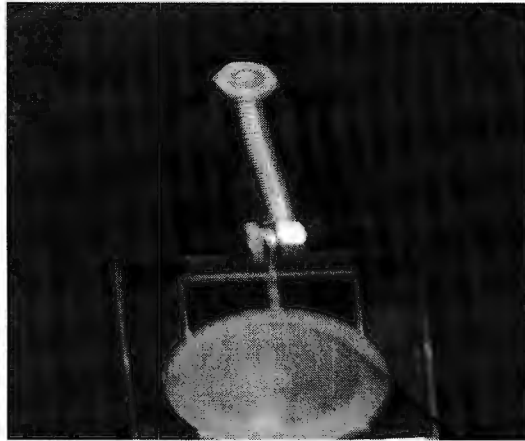


Fig. 26 Vista del resorte torcido.

En la Figura 25 podemos observar como el resorte esta torcido e inclinado, esto interfiere con el deslizamiento del carro, por lo que se debe de solucionar.

G. *Análisis de la tensión*

Después de probar todas las bandas con todos los resortes de diferentes longitudes y características logramos observar los siguientes comportamientos que hacen que el sistema no se comporte linealmente igual al cambiar la velocidad de cada uno de los motores.

Antes de entrar en el análisis se definió el punto de confort que es el punto en donde se encuentra el carro cuando no esta moviéndose ninguno de los motores o cuando los dos motores se están moviendo exactamente a la misma velocidad. Una vez encontrado este punto se colocó una marca y comenzamos a analizar los casos extremos para ver nuestro rango de movimiento del carro y su comportamiento respecto al cambio en la tensión.

a. caso I

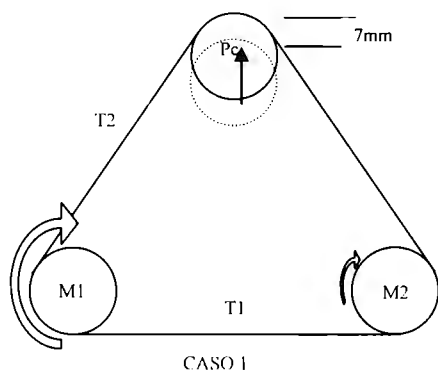


Fig. 27 Caso I de la tensión..

Para el primer, Figura 27, caso se hizo que la velocidad del motor 1 fuera mucho menor que la del motor 2, ambos girando en dirección de las manecillas del reloj y el resultado fue el siguiente:

T1 incrementa y gracias a esta tensión el motor 1 es capaz de mover al motor 2 sin mucha dificultad y este incremento en la tensión es proporcional al decremento en la tensión de la polea, lo que nos genera el movimiento máximo del carro que es aproximadamente 7mm.

b. Caso II

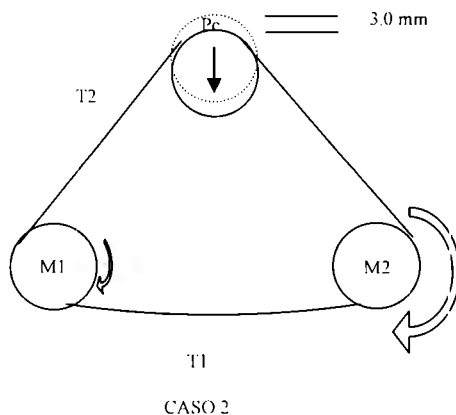


Fig. 28 Caso II de la tensión..

Para el segundo caso, Figura 28, se hizo que la velocidad del motor 2 fuera mucho menor que la del motor 1, ambos girando en dirección de las manecillas del reloj y el resultado fue el siguiente:

T1 disminuye y T2 aumenta pero la tensión dos se pierde un poco al jalar la polea por lo que la tensión 2 no es suficiente para mover bien el motor 1 y esto genera un movimiento hacia debajo de la polea central de aprox 3.0 mm

H. Dirección de la banda.

Al realizar pruebas cambiando las direcciones de giro de los motores notamos que existe cambios considerables en la adherencia de la banda lo que hace que el sistema se comporte de manera inestable, para lo cual estamos considerando marcar el sentido de las bandas para su correcto funcionamiento.

I. Regreso de voltaje.

Al estar girando los motores transmisores es posible que uno comience a girar más rápido que el otro. En el caso específico de que el segundo motor gire más rápido, este comenzará a jalar al primer motor, y este motor comienza a generar una cantidad considerable de voltaje. Esto es debido a que los motores que adquirió el instituto son meramente generadores, esto fue con el fin de que estos tuvieran un comportamiento más lineal a la hora de realizar la tarea de controlarlos.

J. Motogeneradores

Los motogeneradores van a operar en un rango de 0-0.6 volts con esto es suficiente para manejar el sensado de la velocidad ya que LABVIEW nos tiene sensibilidad de mV, por lo que descartamos la necesidad de un amplificador.

VIII. SENSOR DE POSISION

El sensor de posición que se ah elegido para nuestro propósito es de la marca OMRON modelo E3SA-DS50C43A el cual es un sensor foto-eléctrico de salida analógica el cual tiene las siguientes características

- Detección analógica ideal para: posición, tamaño, color y rugosidad.
- Tiempo de respuesta de un milisegundo.
- Puede operar en modos de luz/oscuridad.
- Perilla de ajuste de 4 vueltas para mayor precisión.

Dadas las características de este sensor lo hacen ideal para nuestro propósito, ya que es de uso específico para detección de posición. Este sensor entrega un voltaje de salida proporcional a la distancia que detecta (por medio de haz de luz,) lo que lo convierte en un LVDT por sus siglas en inglés Lineal Variable Dsplacement Transducer.

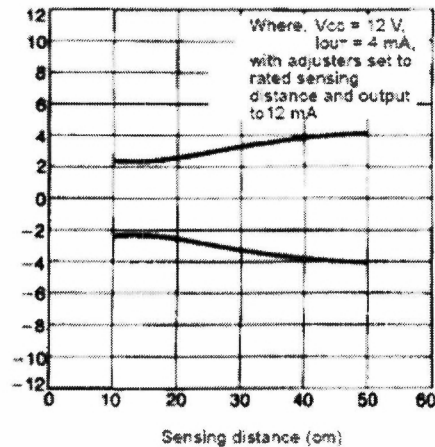


Fig. 29 Zona de de acción del sensor.

En la figura 29 se muestra la campana de sensado para nuestro sensor, la cual es adecuada, ya que no es muy grande, por lo que será difícil que otros elementos interfieran en el sensado, ya que solo abarca 8 cm de ancho. Este sensor es ajustable, por lo que podemos manejar su rango de operación.

Para la operación de este sensor se necesitan:

- Un voltaje de entrada de 12 a 24 VCD.
- Consume 80mA.
- Rango entre 5 y 50 cm.
- Luz infrarroja.
- Detecta material transparente y opaco.
- Detecta plástico.
- Opera entre -10 y 55 grados

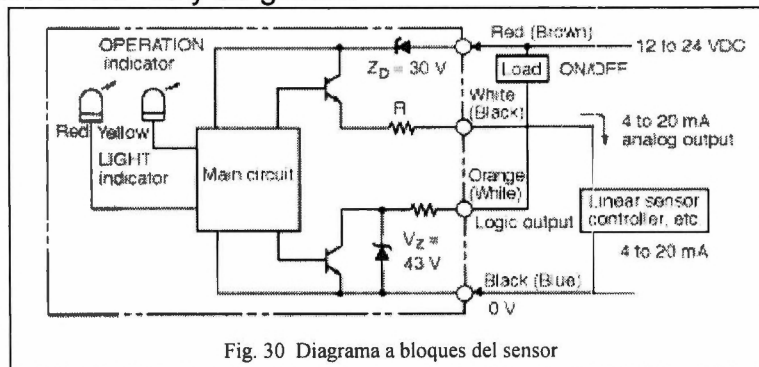
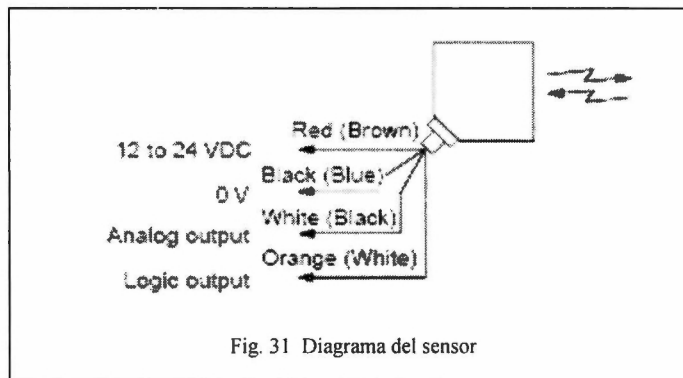


Fig. 30 Diagrama a bloques del sensor

En la figura 30 podemos observar el diagrama a bloques del dispositivo, en cual se muestra básicamente la conexión del circuito. Podemos ver que nuestro V_{in} va a la línea café y el común a la línea azul. Es importante conectarlo bien o podemos dañar el circuito.



En este diagrama (Figura 31) a parte de las conexiones nos muestra que este sensor es emisor y receptor esto es gracias a la película polarizada, difuso reflectiva que tiene el dispositivo. Esto ayuda ya que es más fácil trabajar con un solo sensor que tener un sensor que sea emisor y otro que funcione como receptor.

Para ajustar el sensor se empieza con la perilla de ajuste a tope hacia la izquierda, y partir de ahí se comienza a buscar el punto óptimo de operación.

Hemos tenido algunos problemas para trabajar con el sensor, por ejemplo, aunque en las especificaciones dice que el sensor detecta material transparente, se han tenido problemas con esto, por lo que se ha decidido utilizar un material opaco en el carro, para poder detectar con mayor facilidad.

Otro problema que se ha tenido es el rango de desplazamiento, que por el sistema mecánico es muy pequeño y la variación del voltaje de salida es muy pequeña, esto podría arreglarse con una etapa de amplificación. Esto no podría ser del todo malo, ya que las tarjetas de adquisición de datos tienen resolución de mili volts, por lo que esto podría ser conveniente para nuestra causa.

IX. AJUSTES FINALES AL DISPOSITIVO

B. Poleas finales.

Después de varios intentos de realizar el diseño de las poleas finales decidimos cambiar el material a aluminio ya que el peso estaba influyendo en el comportamiento al momento de hacer las perforaciones para los prisioneros se desbalanceaban las poleas y por otra parte al apretar los prisioneros se corría el riesgo de fracturar el material.

Estas poleas las hicimos varias veces, y tuvimos problemas con la perforación central ya que a la hora de perforar con una broca que es la medida exacta de la flecha del motor grande, la perforación queda sobrada unas 4 micras y con un movimiento ligero de la broca se abría el agujero lo suficiente para provocar que no se pudiera colocar el motogenerador de los motores ya que al apretar el prisionero se generaba un movimiento cónico que incluso en las primeras pruebas generó que se enchucara la flecha del motogenerador.

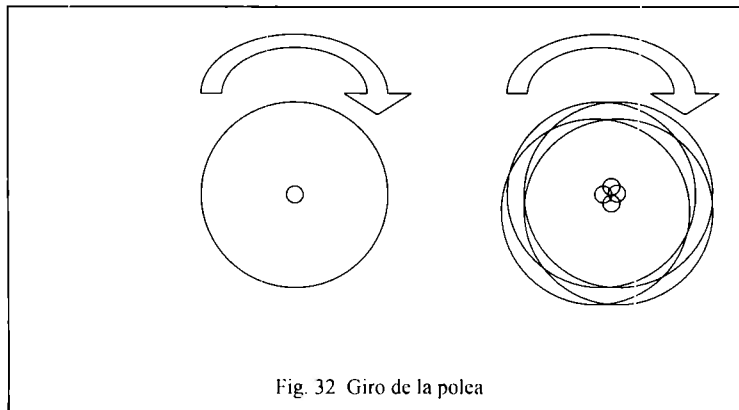


Fig. 32 Giro de la polea

En la Figura 32 podemos ver el efecto que se tenía en las poleas en la primera parte de la figura vemos como es que la polea debería girar. En la segunda parte se ve como es que la polea gira, cosa que tiene que ser evitada, ya que dañara la flecha de los motogeneradores.

Después de fabricar las poleas en aluminio las probamos y la fricción fue menor por lo que el desplazamiento de la polea central movible disminuyó con lo cual concluimos después de haber probado todas las bandas nuevamente, con todos los resortes es que el movimiento de la polea es afectado principalmente por la fricción, es decir a mayor fricción mayor desplazamiento mientras lo permita el diseño mecánico del aparato y por esto decidimos buscar la forma de ahular las poleas para aumentar la fricción entre la banda y las poleas.

C. Carro

Para disminuir la fricción del carro se hizo un rebaje en las esquinas de contacto del riel y del carro y con esto mejoró lo suficiente como para poder trabajar con el aparato sin que la fricción afecte la dinámica del sistema aunque el comportamiento no es perfectamente lineal puesto que tenemos zonas muertas donde al variar la velocidad el sistema tarda en responder, comprobamos que se puede controlar el movimiento de la polea de forma manual haciendo variar la velocidad de los motores.

X. CONCLUSIONES

A. Alberto Gonzalez M.

Este proyecto me ha dejado una experiencia bastante representativa para mi desempeño como profesionista, ya que nos enfrentamos a problemas reales que se fueron solucionando. Solucionar problemas reales creo que es el fin ultimo de la ingeniería, por lo que considero importante el confrontar situaciones de esta naturaleza. Por ejemplo, yo siento que el mayor problema que tuvimos fueron las poleas, ya que un elemento difícil de fabricar. Estas poleas tienen una tolerancia un poco grande razón por la cual su desempeño no es el optimo. Tal vez debimos

utilizar alguna herramienta como una maquina CNC para garantizar una menor tolerancia. Otro problema fue la fricción, ya que había puntos donde tenia que ser mínima y puntos donde tenia que existir, por ejemplo, el riel debíamos eliminar la fricción lo más que se pudiera, para garantizar un desplazamiento suave y se introdujeran fuerzas adicionales al sistema. Por otro lado tenemos las bandas, las cuales de haber muy poca fricción patinan, por lo que se necesita que exista mucha fricción, para que la banda se mueva sin patinar. Al final de este proyecto se trabajo un poco con LABVIEW aquí también se tuvo muchos problemas, el más fastidioso fue que la señal tenia demasiado ruido, el cual no pudo ser eliminado al 100%. Aprender a resolver estos problemas los cuales son reales es de gran valor para poder desarrollar nuestra habilidades, por lo que puedo decir que me siento capaz de resolver problemas reales de ingeniería.

B. Germán Caballero M.

A lo largo de la realización de nuestro proyecto pudimos solucionar los problemas con los que nos fuimos enfrentando, uno de nuestros principales problemas fue los múltiples cambios de la parte eléctrica del sistema, porque esta muy ligado al diseño mecánico del dispositivo. Probablemente el reto más grande fue el minimizar la fricción que se tenía en el carro con el riel, es decir, optimizar el movimiento de la polea central para que no se atascara en el momento que necesitara desplazarse, otra parte importante fue el diseño de los soportes de los generadores ya que tenían que ser fácilmente removibles y por otro lado lo suficientemente robustos como para que pudieran aguantar un uso continuo, y finalmente el diseño de las poleas fue una parte que también cambio muchas veces y esto para lograr que las poleas giraran lo más uniforme posible para que no generaran movimiento y vibraciones en el sistema. La última parte de nuestro proyecto que es sacar el Bode del sistema en automático utilizando Lab-View y una tarjeta de adquisición de datos, en esta parte tenemos un problema con la señal que nos entrega el motogenerador y a que la señal tiene mucho ruido y esto hace que nuestro programa no detecte correctamente la amplitud de la señal de motogenerador puesto que se basa en la medición de los picos pero hasta el momento no hemos podido lograr que los picos generados por el ruido de la señal sean discriminados, estamos trabajando en soluciones porque una vez solucionado este problema el bode se lograría obtener sin problema alguno el bode ya que al simular la señal del motogenerador nuestro programa funciona perfectamente. La experiencia ganada con este proyecto fue el aprender a solucionar problemas por distintos caminos, así como la importancia del trabajo en equipo que en nuestro caso fue la base del éxito y gracias al apoyo de nuestro asesor el proyecto se logró concretar y esperamos que sea de utilidad para las futuras generaciones que quieran experimentar con estrategias de control utilizando nuestro dispositivo.

XI. BIBLIOGRAFIA

OGATA, Katsuhiko. Modern Control Engineering. Prentice Hall.

DIETER, George. Engineering Design. MA Graw Hill.

NORTON, Robert. Diseño de Máquinas. Prentice Hall