

Instituto de astronomía

Publicaciones Técnicas



“Comunicación Interna”

CI-2011-02

RESULTADOS DE EXPERIMENTO DE ENGRANE PRECARGADO (PROYECTO ENGRANE 84cm).

S. Zazueta, M. Pedrayes, F. Lazo, B. García, B. Martínez, G. Guisa, A. Córdoba, J. Valdéz.

Noviembre de 2011.

RESULTADOS EXPERIMENTO ENGRANE PRECARGADO (PROYECTO ENGRANE 84 cm)

AUTORES:

Salvador Zazueta , María H. Pedrayes, Francisco Lazo, Benjamín García, Benjamín Martínez, Gerardo Guisa, Antolín Córdova y Jorge Valdés.

Tabla de Contenido

RESULTADOS EXPERIMENTO ENGRANE PRECARGADO (PROYECTO ENGRANE 84 cm)....	1
RESUMEN.....	3
CONSTRUCCION DEL SISTEMA.....	4
RESULTADOS.....	6
RESULTADOS CON CODIFICADOR AL EJE DEL MOTOR.....	6
RESULTADOS CON CODIFICADOR AL EJE DEL ENGRANE PRINCIPAL.....	7
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....	9
CONCLUSIONES.....	9
REFERENCIAS:.....	10

RESUMEN

En este documento se reporta los resultados de los experimentos realizados con un engrane precargado activamente.

El objetivo del experimento es probar en condiciones de laboratorio el comportamiento de un sistema de movimiento para el eje de declinación del telescopio de 84 cm del OAN que elimine el “juego mecánico” (backlash en inglés).

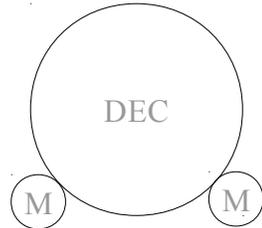
Para lograr el objetivo se construyó un sistema similar al que se usa en el sistema de tracción del telescopio de 2m del Observatorio Astronómico nacional (**OAN**). El sistema de prueba consta de un engrane principal y dos motores de movimiento con cajas de reducción con engranes planetarios.

Se desarrolló la programación de control en LINUX y se adquirieron los componentes para construir al sistema de control similar al que se usa para los telescopios del OAN-San Pedro Mártir. Los programas de control se adaptaron a las versiones actuales del operativo LINUX de tiempo real (RTAI) y se desarrollaron los módulos para una nueva tarjeta de interfaz de motores.

Basados en los resultados obtenidos de los experimentos, podemos concluir que el desempeño del sistema es adecuado para la aplicación en el telescopio, siempre y cuando se instale el codificador de retroalimentación directamente en el eje de rotación del engrane principal.

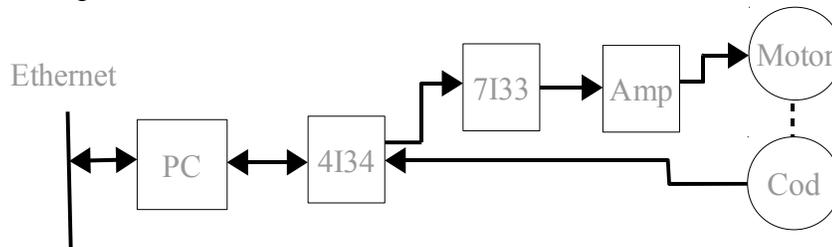
CONSTRUCCION DEL SISTEMA

Para realizar el experimento se construyó un sistema mecánico que consta de 2 motores con sus respectivas cajas de reducción (M) que funcionan como manejador y precarga de manera alternada dependiendo ésta del sentido del movimiento del engrane principal (DEC). El propósito de usar dos motores para mover DEC es para eliminar el juego mecánico del sistema. El diagrama a bloques del sistema mecánico es como el siguiente:



Para realizar los experimentos de movimiento se desarrolló un programa de control similar al usado en la consola de control del telescopio de 84 cm.

En la figura siguiente se presenta un diagrama a bloques simplificado del sistema de control de movimiento del experimento.



Los componentes del sistema de control se detallan a continuación.

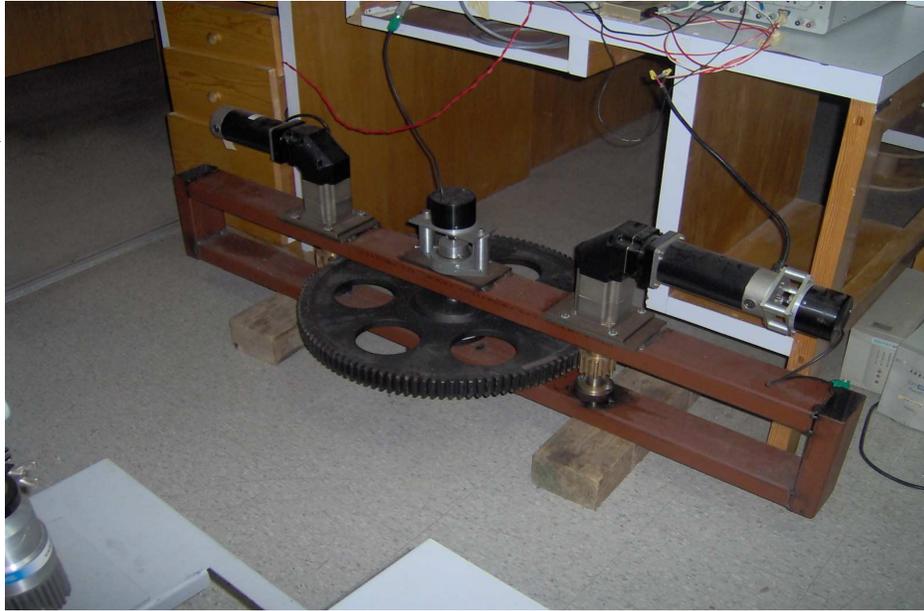
- PC** Es una computadora industrial de una tarjeta (SBC) a la que se le instaló el núcleo de tiempo real Linux-RTAI.
- 4I34** Tarjeta de interfaz de propósito general con ducto PC-104 basada en FPGA. (Mesa electronics).
- 7I33** Tarjeta **7I33**(Mesa Electronics) se usa para convertir señales TTL a RS422 y señales PWM a voltajes analógicos.
- Amp** Amplificador de potencia para motor de corriente directa.
- Cod** Codificadores con salida diferencial RS-422 con una resolución de 115200 pulsos por revolución en cuadratura.

Se hizo la programación de un módulo del “kernel” de LINUX de tiempo real (RTAI) para la tarjeta de interfaz modelo **4I34** de Mesa Electronics.

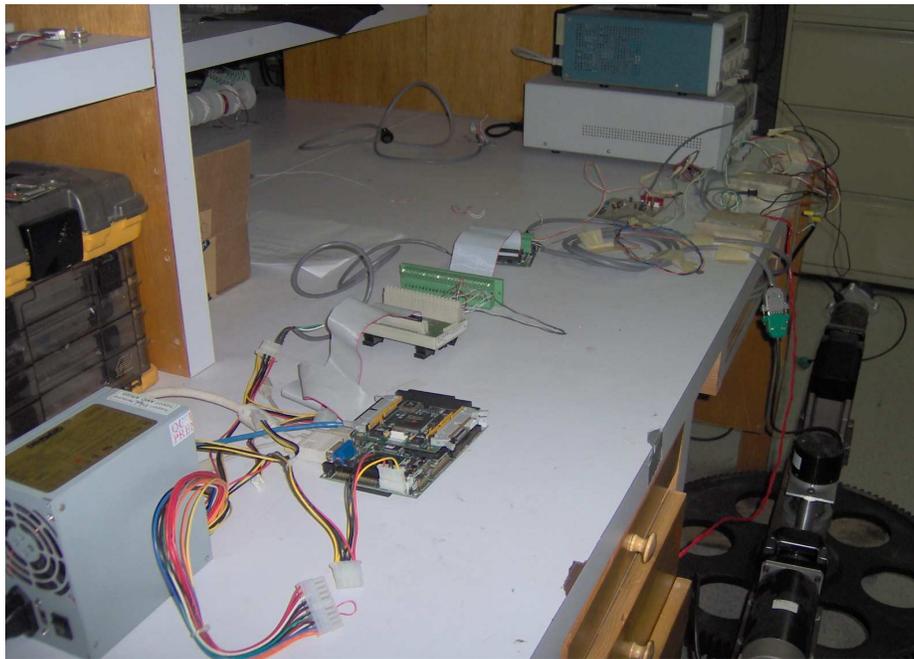
Se modificó el código del FPGA de la tarjeta 4I34 para realizar la interfaz de 3 ejes de movimiento, también se agregaron las diferentes entradas de control de telescopio (paleta manual, interruptores límite etc).

En la siguiente imagen se puede ver el sistema mecánico construido para el experimento.

En la foto se puede ver los motores, sus cajas de reducción, el engrane principal y los codificadores de retroalimentación. Se puede ver dos codificadores uno acoplado al motor a la derecha de la imagen y el otro acoplado al eje de rotación del engrane principal.



En la siguiente imagen se puede ver el sistema de control completo. Computadora de control, tarjetas de interfaz, amplificadores, codificadores y el sistema mecánico.



RESULTADOS

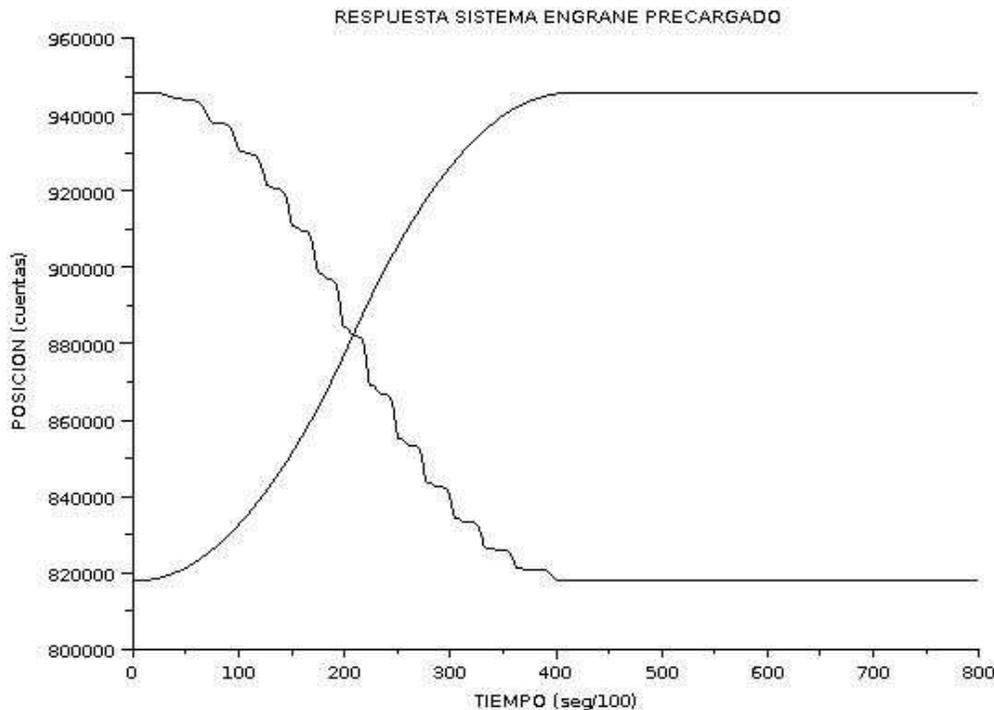
Las primeras pruebas del sistema experimental mostraron un pobre desempeño causadas en su gran mayoría por flexiones en la estructura de soporte. Posteriormente se realizaron varias modificaciones a la estructura para volverla lo más rígida posible. Los cambios realizados dieron como resultado la estructura presentada en las imágenes anteriores.

La configuración inicial que se había contemplado en los planes del experimento implicaba un sólo codificador instalado en uno de los motores de manejo. Los resultados de esta configuración no fueron aceptables y se decidió instalar un codificador en el eje principal del engrane. Los resultados de ambas configuraciones se presentan a continuación.

RESULTADOS CON CODIFICADOR AL EJE DEL MOTOR

Los experimentos posteriores se realizaron con un sólo codificador acoplado al eje del motor. Los experimentos mostraron un desempeño pobre en un sentido del movimiento. El sistema presenta un buen desempeño cuando se genera un movimiento manejado por el motor que tiene el codificador acoplado. Sin embargo, cuando el sistema se mueve en el sentido opuesto, el engrane se mueve de manera “dispareja” y presenta oscilaciones indeseables. Las causas de esta asimetría en el movimiento pueden ser dos. La primera se puede atribuir a que la estructura presenta flexiones muy pequeñas pero que se reflejan en movimientos de esta magnitud. La segunda causa puede ser debida a retardos en la transmisión del movimiento a lo largo de las diferentes cajas de reducción, es decir, el movimiento del motor no se refleja en el codificador de retroalimentación de manera inmediata.

En la siguiente gráfica se puede ver la respuesta del sistema para dos cambios de posición en sentidos opuestos. Se puede ver claramente la respuesta en forma de diente de sierra en uno de los sentidos del movimiento. Mientras que en el otro sentido la respuesta es muy buena.



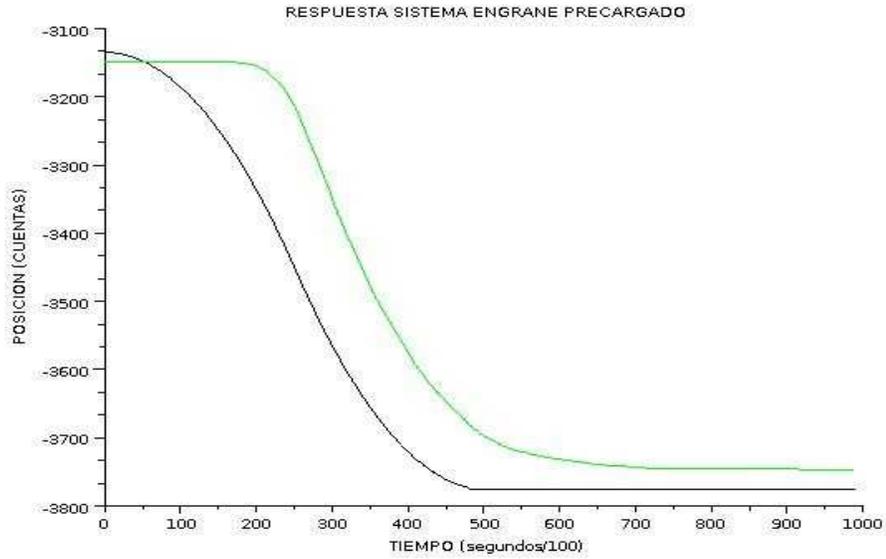
En base a los resultados de estas pruebas se decidió acoplar un codificador al eje de rotación del engrane principal. El razonamiento para este cambio es que un codificador acoplado al eje elimina varias causas de error de posicionado del sistema (telescopio). Las imperfecciones de las cajas de reducción y los errores de maquinado del engrane son absorbidos por el codificador. Es decir, todo el tren de transmisión de movimiento del motor al engrane principal queda “escondido” por la retroalimentación de la posición directa. Además, los errores introducidos por flexiones de la estructura no se reflejan como un retardo en la señal de posición.

Basado en lo anterior se puede decir que acoplando el codificador al eje se eliminan las dos causas probables del problema de la asimetría del movimiento.

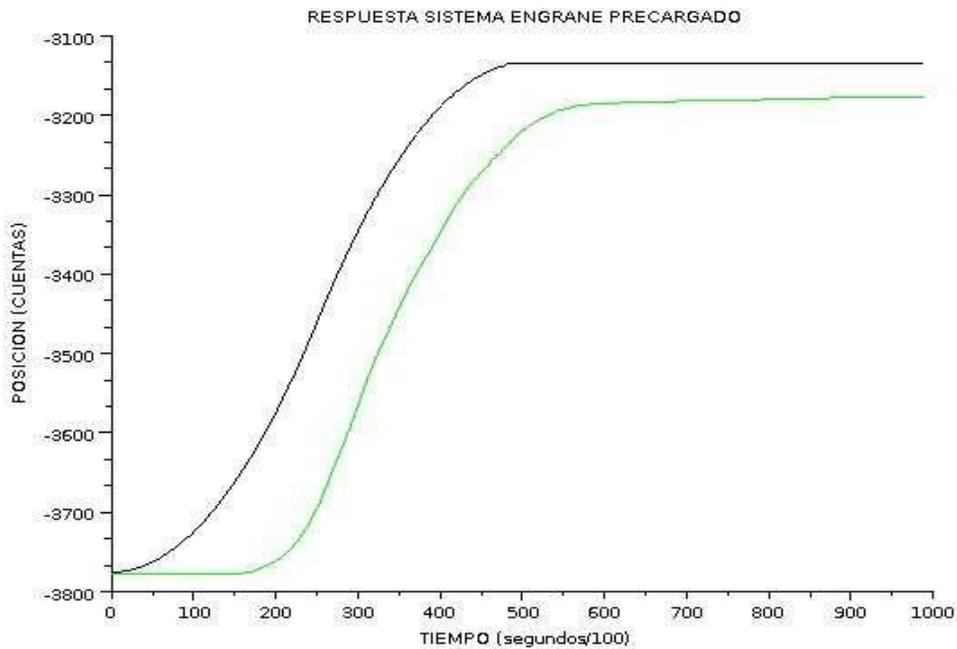
RESULTADOS CON CODIFICADOR AL EJE DEL ENGRANE PRINCIPAL

En esta sección se presentan los resultados de las pruebas de movimiento del experimento con el codificador acoplado al eje del engrane principal (codificador axial).

Los resultados de los experimentos con el codificador axial muestran un desempeño satisfactorio. En las siguientes gráficas se pueden ver cambios de posición en ambos sentidos del movimiento. Las gráficas muestran que el movimiento es simétrico y no existe el diente de sierra en el perfil de movimiento como el que se presenta con el codificador acoplado al motor.



Gráfica de cambio de posición con movimiento en sentido negativo. En la gráfica se puede ver la trayectoria deseada (en negro) y la trayectoria real del movimiento del engrane.



Gráfica de cambio de posición con movimiento en sentido positivo. En la gráfica se puede ver la trayectoria deseada (en negro) y la trayectoria real del movimiento del engrane.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Factor de reducción de las cajas 100:1

Resolución de los codificadores 115,200 pulsos por revolución.

Amplificadores de 20 amperes máximo, tipo PWM para motor de corriente directa de escobillas.

CONCLUSIONES

Los experimentos realizados en el laboratorio con el sistema de movimiento de dos motores muestran un buen desempeño cuando el codificador está acoplado al eje principal del engrane. Los movimientos son suaves y no se puede apreciar esfuerzos que comprometan la integridad del sistema o sus partes .

Cuando el codificador se monta en uno de los motores se presenta una asimetría en el movimiento que degrada el desempeño e introduce oscilaciones indeseables en los mecanismos. Las causas probables de la asimetría en el movimiento pueden ser flexiones en el soporte del mecanismo y/o defectos en el tren de transmisión de movimiento.

Los resultados de los experimentos muestran la necesidad de instalar el codificador directamente en el eje de rotación del telescopio para lograr un buen desempeño. Con los codificadores actuales adquiridos para el experimento no puede obtener una resolución adecuada. Lo cual implica que para instalar el sistema en el telescopio se requiere la compra de un codificador de alta resolución.

Podemos establecer que el sistema precargado es mejor desde el punto de vista de operación y mantenimiento por varias razones. A continuación discutiremos algunas. El sistema de movimiento utilizado actualmente en los telescopios de 1.5m y 84 cm del OAN en San Pedro Mártir es del tipo corona tornillo sin fin. Este mecanismo es muy propenso a “desalinearse” y esta desalineación muestra un gran juego mecánico y otras fallas del sistema, en particular se atora en algunas posiciones. Las causas de la desalineación pueden ser varias, entre ellas están: el uso, térmicas, el proceso de balanceo. El proceso de balanceo de los telescopios implica desacoplar el engrane principal del tornillo sin fin. El ajuste y la alineación del engrane con el tornillo sin fin es crítico para tener un buen desempeño. Se han intentado varias maneras para “precargar” este mecanismo sin buenos resultados. Una idea es acoplar otro motor que “jale” el engrane para tener una precarga controlable con lo que se obtiene un arreglo similar al presentado con el inconveniente de que persistirían los problemas de alineación del engrane y de tener que desacoplar el engrane para el balanceo del telescopio.

Con el sistema presentado en el experimento se pueden solucionar de una manera más sencilla los inconvenientes mencionados.

Se puede argumentar que el telescopio de 2m no posee un codificador de alta resolución acoplado al eje, el codificador que se usa en el motor en el eje de DEC es de 40,000 pulsos por revolución. Sin embargo, existe un problema para replicar el mecanismo. Las cajas de reducción de los mecanismos tienen un factor de 160:1, son muy grandes y no son fácilmente escalables para montarlas en el eje de declinación del telescopio de 84 cm.

Así pues, la mejor solución para los problemas del juego y las fallas del eje de declinación del telescopio de 84 cm es el uso de un sistema de movimiento precargado como el presentado en el experimento. La desventaja es el requerimiento de un codificador de alta resolución, $\frac{1}{4}$ de segundo de

arco. Dado que los precios de estos codificadores han disminuido considerablemente (8000.00 dólares aproximadamente) creemos que la compra del mismo para la instalación del engrane precargado en el telescopio está justificada.

REFERENCIAS:

Zazueta S., "MANUAL DEL PROGRAMA DE CONSOLA DEL TELESCOPIO DE 1.5 METROS", Reporte Técnico #81, Instituto de Astronomía-U.N.A.M. 1990.

Ibarra R., Zazueta S., "MANUAL GENERAL DE LA CIRCUITERIA DE LA CONSOLA DEL TELESCOPIO DE 1.5 METROS DE SAN PEDRO MARTIR". Reporte Técnico #85, Instituto de Astronomía U.N.A.M. 1991.

Ibarra R., Zazueta S., "MODIFICACIONES A LA TARJETA DE INTERFAZ DEL TELESCOPIO DE 1.5 METROS, AVANCES EN EL DISEÑO", Reporte Técnico #100, Instituto de Astronomía U.N.A.M. Marzo 1992.

S. Zazueta, F. Murillo, "MANUAL DE USUARIO: INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL TELESCOPIO DE 0.84m DEL OAN, VERSION 1.3-L", Manual de usuario, Instituto de Astronomía # MU-2001-01.



**Comité Editorial de Publicaciones Técnicas
Instituto de Astronomía
UNAM**

**Armando Arellano
Rosalia Langarica
Marco Moreno
Francisco Murillo**

editorial@astrosen.unam.mx