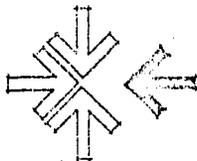


12
26



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA - UNIDAD ACADEMICA DE DISEÑO INDUSTRIAL



"INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS"
TESIS DE LICENCIATURA

ROSALIA LANGARICA LEBRE

CODIRECCION: FIS. ELFEGO G. RUIZ SCHNEIDER

D.I. CARLOS D. SOTO CURIEL

MEXICO, D.F. 1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

° PROLOGO -----	p.2
° INTRODUCCION -----	12
° CONDICIONES QUE DETERMINAN EL DISEÑO	
Proceso de Observación -----	15
Fenómenos Naturales -----	20
Condiciones Instrumentales -----	26
° EL GUIADOR EXCENTRICO Y SU RELACION CON OTROS INSTRUMENTOS	
El Guiador Excéntrico y su Relación con el Telescopio ---	44
El Guiador Excéntrico y su Relación con los Instrumentos de Análisis:	
El Fotómetro -----	47
La Cámara Directa -----	48
El Polarímetro -----	49
El Interferómetro -----	49
El Espectrómetro -----	52
° DESARROLLO DEL DISEÑO	
Otros Guiadores Excéntricos -----	53
Consideración de Limitantes -----	58
Propuestas de Diseño -----	63
Propuesta Definitiva:	
El Sistema de Guiado -----	70
Descripción de las Partes -----	84
Planos (1/22 - 22/22) -----	98
Enlistado de Partes -----	121

° CONSIDERACION DE LOS FACTORES HUMANOS Y RECOMENDACIONES PARA EL ENTORNO -----	136
° COSTOS -----	146
° CONCLUSIONES -----	151
° BIBLIOGRAFIA -----	154

CONCLUSIÓN

El aprovechamiento inadecuado de los recursos naturales existentes en un país y la sobreexplotación de aquellos que interesan a las potencias, trae consigo un desarrollo desigual y no armónico, que provoca la deformación de la estructura económica.

En México, como en muchos otros países, uno de los sectores que recibe poco impulso es el de la investigación científica y tecnológica. Esto se traduce en un atraso que fortalece los lazos de dependencia con los países desarrollados.

La tecnología, como dicen Sabato y Mackenzie, es un paquete de conocimientos organizados de distintas clases (científico, técnico, empírico, etc.) provenientes de diversas fuentes (descubrimientos científicos, otras tecnologías, libros, patentes, etc.) a través de métodos diferentes (investigación, desarrollo, adaptación, copia, etc.), que es diseñado para realizar una función precisa en la estructura productiva y que tiene características de mercancía.

La capacidad de la tecnología para transformar la naturaleza y la orientación del desarrollo es tal, que quien controla la tecnología, controla el desarrollo; o se maneja la tecnología o se termina manejado por quien la controla.

El brindar apoyo a la investigación científica es importante porque constituye uno de los ingredientes del paquete tecnológico. Además, es claro que el trabajo de investigación en la mayoría de las ciencias puras se sirve del avance del desarrollo tecnológico para crecer. Pero hay que tener claro que, para lograr una tecnología

apropiada, debe haber una plena compatibilidad entre política económica y tecnológica, ya que la estructura productiva de cada país esta regida por la política económica del mismo.

Pero... cómo es que se da el cambio tecnológico? Frecuentemente se supone que el cambio tecnológico es el resultado de una secuencia que comienza por la investigación básica, pasa por la investigación aplicada y termina en la tecnología: Sin embargo, en realidad, las cosas no ocurren así: no hay un único origen del cambio tecnológico. A veces puede ser la investigación científica, otras veces son las invenciones, la simple copia, el diseño industrial, descubrimientos científicos, etc.

Además, el flujo de tecnología es una mezcla de tecnología nacional e importada. Las proporciones relativas de una y otra varían notoriamente de un país a otro y, dentro de cada país, de un sector a otro de la estructura productiva. En los países subdesarrollados lo habitual es que la mayor proporción corresponda a la tecnología importada. Respecto a esto se ha propuesto al control del flujo tecnológico mediante la reducción de la tecnología importada y hasta mediante su eliminación, pero esto no se ha logrado y debe entonces aceptarse que en el flujo tecnológico habrá componentes importadas. Es, pues, imprescindible disponer de un capacidad para producir tecnología nacional y así, controlar el flujo y lograr autonomía.

Controlar tecnología importada significa tener la capacidad para actuar sobre el conjunto de características de la tecnología importada e introducir los cambios necesarios para obtener un resultado más conveniente.

En la actualidad una de las fuentes más importantes de la tecnología nacional, y donde el diseñador industrial puede desempeñar una labor esencial, es en la modificación y adaptación de los paquetes tecnológicos importados.

Dentro de los diversos elementos que comprende el paquete tecnológico hay dos cuyas problemáticas inciden más directamente en este trabajo: la del diseño industrial y la de la ciencia. Considero importante aclarar las profundas diferencias que existen entre ambas:

Los problemas de la ciencia indican "lo que parece ser", mientras que los problemas de diseño se ocupan de "lo que debe ser". Para los problemas de diseño no existen respuestas verdaderas ni falsas. Sus objetivos son inicialmente conocidos y trabaja tanto con criterios subjetivos como objetivos. Los problemas de diseño implican tanto descubrir como solucionar problemas y tanto acciones espontáneas como planificadas.

El diseño industrial, de forma parecida a otras profesiones modernas, surge de alguna antigua actividad práctica dedicada a la creación de productos y del conocimiento especializado en el uso y aplicación de técnicas útiles para la producción de éstos.

La adopción, en un primer momento como auxiliar a su actividad y posteriormente, como parte integral del cuerpo de ideas y prácticas propias, de diversos campos del conocimiento para la solución de tareas nuevas, hace que una profesión se expanda generando especialidades y acrecentando a la vez su núcleo básico de conocimientos distintivos. Sin embargo, este crecimiento que se aproxima, aporta y toma ideas de muy

diversas disciplinas y que hace ver a cualquier profesión como una actividad interdisciplinaria es, en algunos casos, como en el diseño industrial, una dificultad para comprender cabalmente los límites y responsabilidades de la profesión; más si como es el caso, se trata de una profesión dedicada a auxiliar a otras profesiones y actividades humanas en la producción de sus herramientas, utensilios y equipos con los que cada una desarrolla sus actividades.

Los antecedentes más remotos del diseño están en el trabajo de los artesanos y en la de los productores de utensilios basados en cierta normalización o en la producción de muchos objetos más o menos iguales. Sus antecedentes modernos son las profesiones y actividades tecnológicas producto del desarrollo de la industria moderna. Como era de suponer, a la necesaria eficiencia y productividad exigidas en la industria contemporánea, habrían de sumarse nuevos conocimientos que el diseño adoptó como propios, algunos por su importancia como ideas centrales y otros como áreas de especialización; como ejemplo tenemos el campo de los llamados Factores Humanos (término utilizado para nombrar la generalidad de las actividades de la Ergonomía, la Antropometría, la Psicología, los estudios sociales y algunos aspectos relacionados con la productividad y la organización de la industria), que son útiles en la planeación y hechura de los objetos de diseño.

Consideremos cómo se van interrelacionando los campos del conocimiento a través de diversas disciplinas:

A muy antiguas profesiones, como la observación de los astros y el estudio del mundo

físico, se han sumado, a veces casualmente y en otras ocasiones luego de largas indagaciones y pruebas, las técnicas que originalmente fueran descubiertas y aplicadas en campos, aparentemente, muy distintos a la Astronomía o viceversa. Esto no es casual ni extraordinario. La búsqueda de soluciones particulares a un problema lleva siempre, junto a las soluciones posibles, el descubrimiento de nuevos problemas, a veces "ajenos" al problema central; así, cuanto más se profundiza y desentraña un campo de conocimiento, ocurre que se abren las posibilidades, o se hace necesario incorporar los conocimientos de diversas ciencias para entender las nuevas cuestiones y comprender la interrelación de causas y efectos en muy diversos campos.

Todo esto es más fácil de comprender siguiendo la historia de la creación artística, en ella podemos encontrar siempre, para diversas épocas, individuos o grupos que parecen alcanzar el límite de las posibilidades de un estilo, la expresión más rica de un período, las formas más depuradas de un modo de hacer. Son aquellos que sintetizan en su obra el largo período de pruebas, de variantes, de proposiciones diversas realizadas por muchos. Ellos suelen representar el fin de un período, la propuesta última de múltiples propuestas y abren, por lo mismo, un nuevo período de búsquedas, de experimentos y soluciones a nuevas tareas. La historia no es tarea de uno. En la historia del arte, en la historia de las civilizaciones o en la ciencia, es evidente que las viejas hipótesis y las nuevas teorías hacen mayor la complejidad y profundidad de un campo del conocimiento, pero a la vez amplían las posibilidades de aplicación de sus hallazgos en otros campos diversos y

especializados.

Vista toda la actividad humana sin la estrechez de perspectiva que provoca el trabajo aislado, se demuestra fácil la idea de que continuamente convergen conocimientos diversos para explicar y producir nuevas alternativas, nuevas disciplinas o inclusive, desapareciendo un cuerpo de ideas y prácticas que constituían alguna profesión.

Antiguamente, la Astronomía y las técnicas de cultivo, la Matemática y la Música eran temas de estudio estrechamente vinculados. Hoy, por ejemplo, la Matemática y la Biología trabajan juntas en la Genética. Antes, los conocimientos de la Naturaleza y la Ingeniería, permitieron a muchos genios italianos y holandeses del Renacimiento, explorar con éxito las ciencias incipientes y proponer ideas que aún hoy nos sorprenden por sus alcances y propósitos.

El nivel de conocimientos en la observación de los astros o las técnicas de cultivo intensivo, la catalogación de plantas medicinales o la organización productiva y comercial de las culturas mesoamericanas no eran tareas de diversas profesiones, generalmente éstas eran actividad y campo de trabajo de los sacerdotes, subalternos de la clase dominante. Hoy, el caudal de conocimientos de profesiones como la del astrónomo, el ingeniero agrícola, el biólogo, el médico, el economista o el técnico en mercadotecnia, encuentran continuamente convergencia ya que la construcción diaria de tesis y prácticas especializadas reclama la asistencia de otras profesiones que aporten con su cuerpo de prácticas y experiencias, posibilidades para la solución de problemas específicos.

El Diseño Industrial, que ha pasado por etapas similares a otras disciplinas, tiene, sin embargo, una característica que hace un tanto distintiva su práctica y compleja la definición de algunos de sus problemas teóricos. Se trata de algo en apariencia simple: el diseñador se encarga de dar forma definida, como una totalidad, a la función, el uso y la apariencia de objetos que pueden ser extraordinariamente diversos ya que todas las actividades, desde las más simples, como comer para subsistir, hasta las complejas, como la observación estelar para conocer el universo, requieren utensilios, herramientas, máquinas o artefactos. Esta tarea nunca la ha realizado solo el diseñador; siempre, en mayor o menor medida y, en función de la complejidad del problema, ha colaborado con otros y muy diversos especialistas. La tarea de crear productos tan diversos, con materiales tan distintos, tecnologías y procesos especializados, tan diferentes en su apariencia y uso, es un trabajo de enormes dimensiones como para que un solo profesional pueda realizarlo eficientemente. Es evidente, entonces, la necesidad, según sea el problema, de vincular al diseñador con multitud de otros profesionales, con tecnologías y ciencias muy diversas.

El campo de trabajo del diseñador se ha venido limitando a ciertos sectores de la producción, e inclusive se ha llegado a considerar el diseño, exclusivamente, como la solución artística de un producto. Sin embargo ésto no significa que esos sean los únicos campos posibles para la aplicación de sus conocimientos.

El diseño de objetos simples, que con mayor o menor tecnología, habilidad y gusto pueden ser realizados, diríamos, por cualquier persona, hacen que parezca innecesaria la

existencia de un profesional especializado como es el diseñador; o, en el caso extremo, el diseño de una máquina compleja o un grupo de artefactos sofisticados, suele ser tarea (se piensa) para el Ingeniero, lo que de nuevo hace aparecer la profesión de diseñador como algo inútil. Debemos suponer, entonces, que al diseñador industrial le falta un cuerpo de ideas, experiencias y conocimientos? o debemos confundir sus conocimientos con opiniones sobre cuestiones de gusto?

Esta idea sobre el diseñador es producto de la práctica incipiente de su profesión en México, la idea equivocada sobre los fines de la profesión y las limitaciones de conocimientos que origina la práctica dirigida hacia un solo sector de la producción.

Como ejemplo de los conocimientos y experiencias, que son las teorías y prácticas del diseñador industrial, están la investigación de las características de función del objeto, junto con el modo de uso de éste. Es decir, el diseñador considera el contexto ambiental, físico y social, donde el objeto será utilizado; también se dedica al rediseño de objetos con materiales distintos a lo habitual, o la adaptación de los objetos a técnicas novedosas; las variantes dimensionales o conceptuales en función del uso o de las medidas antropométricas del usuario y las condiciones que determina el ambiente físico en el uso del objeto. Estas investigaciones, aunadas al conocimiento de las características de los materiales y la fabricación del producto, suelen ser realizadas por el diseñador durante toda la etapa del proyecto con el auxilio de técnicas y recursos, como la fotografía o el dibujo; también es común encontrar formas de sistematizar la información y desarrollar el

proyecto que, en función del amplio panorama técnico y humano que contempla el diseñador, se caracterizarían por una minuciosa revisión de los porqué y cómo de cada parte en el proyecto. Es como poner constantemente de frente a cada necesidad y posibilidad material con los factores humanos, muy diversos y complejos, que intervienen en la hechura del producto y, sobre todo, en su utilización.

El diseñador siempre interrelaciona en su trabajo cada necesidad de función con el uso y las posibilidades materiales de su producción. Es decir, en todo el desarrollo del objeto, se están considerando a los seres humanos que lo fabricarán y que lo utilizarán.

Parece razonable y lo es, y también, aunque simple a primera vista, implica poder captar continuamente factores objetivos evidentes o no, y subjetivos, evidentes o no, como son los hábitos, costumbres, factores humanos, culturales y psicológicos. Tan sólo esta especial dedicación a los llamados factores humanos, hace del diseñador un profesional diferente en sus responsabilidades a otros especialistas, también dedicados a la producción.

Es dentro de este contexto que se da la motivación de presentar este trabajo como tesis en la convicción de que un diseñador industrial debe participar en la creación de instrumentos que apoyen el desarrollo científico.

Formando parte de un equipo multidisciplinario que constituya una liga entre ciencia y tecnología, el diseñador industrial participa desde la concepción general del instrumento hasta la solución de detalles de construcción; utilizando el lenguaje gráfico

para transmitir ideas: dimensionando las distintas partes del instrumento para lograr un funcionamiento adecuado y una solución satisfactoria a las necesidades de los usuarios directos e indirectos y haciendo compatible y armónico con su entorno al producto de diseño.

Este trabajo de tesis se realizó en el Instituto de Astronomía de la UNAM, colaborando con el equipo de instrumentación de ese instituto, constituido por especialistas en diferentes áreas, como son la Óptica, la Electrónica, la Ingeniería y la Computación.

La UNAM cuenta con dos observatorios: uno en Sta. María Tonantzintla, Puebla y otro en Sn. Pedro Mártir, D. C.. En este último se encuentra el telescopio de 2.1 mts. que definió los parámetros bajo los que se diseñó el guiador excéntrico, tema de esta tesis. Sin embargo, uno de los objetivos fue lograr un sistema capaz de adaptarse a cualquier telescopio que requiera un sistema similar y que fuera apropiado, también, para usarse con la mayoría de los instrumentos que intervienen en el proceso de observación astronómica.

INTRODUCCION

El avance y desarrollo de la Astronomía como ciencia está basado, fundamentalmente, en la calidad y cantidad de observaciones que se realicen. La única información que se puede obtener de la mayoría de los objetos astronómicos, proviene de la radiación que emiten. De ahí la importancia de los telescopios para recopilar la mayor cantidad de luz y la utilización de instrumentos diversos para realizar los análisis que dan a conocer las condiciones físicas y químicas de los astros.

Es importante destacar que los telescopios están diseñados de modo que produzcan la mejor imagen al centro de su campo "de visión" y es ésta la imagen que reciben los instrumentos de análisis. Así es que el astro debe situarse al centro del campo del telescopio y esta ubicación se dificulta si el objeto no es visible. En estos casos se requiere de un implemento que permita ver el campo, sin invadir su centro, para guiar al telescopio durante la observación. A este aparato se le llama GUIADOR EXCENTRICO.

Un guiador excentrico es, pues, un instrumento auxiliar en el proceso de observación de objetos celestes, que le sirve al astrónomo para realizar las siguientes funciones:

localizar al objeto de interes y centrarlo en el campo del telescopio mediante la localización de una estrella que esté fuera del centro del campo y que sea apropiada para el guiado.

De este modo es posible dirigir al telescopio durante la exposición deseada, manteniendo a la estrella guía y al objeto en estudio en la posición adecuada dentro del

campo.

Cuando el astro que nos interesa observar no es visible por restricciones instrumentales, debido a su alta magnitud o porque emite, por ejemplo, en infrarrojo, es necesario servirnos de objetos visibles cuyas coordenadas sean conocidas y estén cercanos al objeto de interés. Para realizar el guiado se intercepta la luz proveniente del telescopio con el fin de conocer los objetos y las posiciones que ocupan dentro del campo, de modo que se pueda identificar a la estrella que servirá de guía y determinar hacia dónde mover el telescopio.

Una vez ubicado, se puede colocar al objeto de interés al centro del campo y hacer que su radiación entre en el instrumento elegido por el astrónomo para analizarla.

En el diseño de un guiador excéntrico se deben tomar en cuenta distintos parámetros impuestos tanto por condiciones naturales como instrumentales. De ellos se da una breve explicación en la primera parte de este trabajo.

Debido a que se manejan algunos términos y conceptos técnicos, se han insertado recuadros que contienen definiciones breves para aclarar algunas partes del texto.

Posteriormente se describen de un modo muy somero los instrumentos de análisis con los que se utilizará el guiador excéntrico para hacer patente la necesidad que tiene cada uno de ellos de contar con un sistema de guiado.

Más adelante se resumen todas las limitantes de diseño que se han introducido a lo largo del trabajo y que definen las bases sobre las que se concibió el producto.

Igualmente, se habla de las partes ópticas, electrónicas y mecánicas que conforman la propuesta definitiva. Finalmente, se hace un análisis comparativo entre nuestro diseño y otros guías y se mencionan algunas otras mejoras que se planean llevar a cabo en el futuro.

CONDICIONES QUE DETERMINAN EL DISEÑO

Para llevar a cabo el diseño de los instrumentos astronómicos debe tomarse en cuenta cómo es la rutina de observación; además de tomar en cuenta varios parámetros, algunos debidos a fenómenos naturales y otros impuestos tanto por el telescopio como por los mismos instrumentos. De estas condiciones se da una breve explicación en los siguientes incisos.

PROCESO DE OBSERVACION

Antes de comenzar una observación, se debe ratificar que el equipo y el instrumento que se van a utilizar estén correctamente instalados y en buenas condiciones de operación.

El asistente de astrónomo es el responsable de los aspectos mecánicos del telescopio. El es, generalmente, quien apunta el telescopio hacia el objeto astronómico que se quiere observar.

El telescopio está dirigido por una computadora que envía las señales para seguir la ruta pronosticada de un astro. Sin embargo, debido a los efectos de la refracción en la atmósfera terrestre, las estrellas pueden presentar una posición ligeramente diferente y

es necesario, entonces, verificar que el telescopio apunte exactamente en la dirección correcta. A esta operación se le llama guiado.

Si el objeto es lo suficientemente brillante, simplemente se comparan las posiciones de las estrellas que se encuentran en el campo del telescopio (1) con las que se presentan en las cartas del cielo. Pero si se está observando un objeto débil, es necesario tener como referencia una estrella más brillante para conocer su ubicación dentro del campo del telescopio.

Los nuevos aparatos de tipo televisivo usan detectores (2) que son sensibles a muy bajos niveles de luz y permiten ver objetos más débiles que sin los detectores no podrían ser usados para la alineación o para el guiado.

El tiempo de exposición (o de integración) depende de la calidad del "seeing" (3) de esa noche. Si la condición de "seeing" fuera mala, el tiempo requerido para registrar la misma cantidad de luz, sería mayor.

Así, el astrónomo recopila el material (en forma de placas fotográficas, espectros, gráficas, etc.) con el que trabajará posteriormente.

(1) Campo de telescopio: región de la esfera celeste que es captada por el telescopio.

(2) Detectores: dispositivos sensibles a la luz.

(3) Seeing: efecto de las condiciones atmosféricas sobre la visibilidad. Más adelante se habla de este fenómeno.

SISTEMAS DE COORDENADAS ASTRONÓMICAS

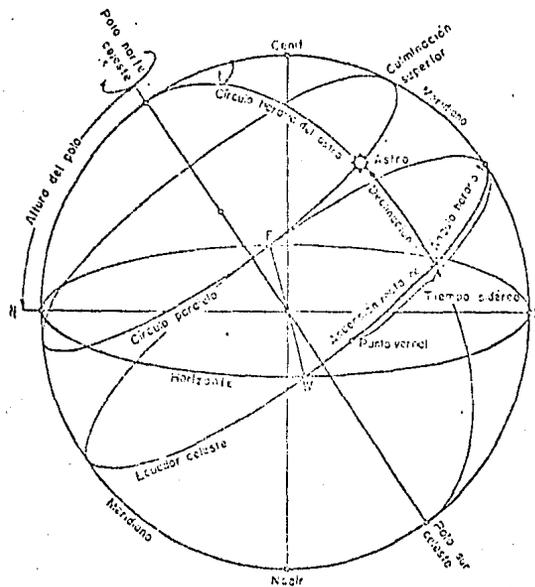
Existen varios sistemas de coordenadas astronómicas que se utilizan comúnmente y que son análogos al sistema terrestre de latitudes y longitudes.

En los sistemas astronómicos, la posición de un objeto en el cielo o en la esfera celeste, se denota por dos ángulos. Estos ángulos están referidos a un plano (que contiene al observador) y a una dirección de referencia, que va desde el observador hasta algún punto arbitrario situado en el plano de referencia.

Las principales diferencias entre los diversos sistemas son, pues, el plano y la dirección o punto de referencia. Por ejemplo, en el sistema ecuatorial (que es de los más utilizados), el plano de referencia es el plano del ecuador celeste y el punto a partir del cual se mide una de las coordenadas, es el punto del equinoccio vernal.

La coordenada análoga a la "latitud" es la declinación que tiene valores de +90 grados a -90 grados. Es positiva cuando se refiere a objetos situados hacia el polo norte celeste, y es negativa cuando indica objetos situados hacia el polo sur celeste.

La coordenada análoga a la "longitud" es la ascensión recta, cuyos valores van de 0 a 24 hrs. y se mide hacia el este o a lo largo del ecuador celeste a partir del equinoccio vernal.



Coordenadas celestes: ascension recta α y declinación δ .

Debido a la precesión, el ecuador celeste y el equinoccio vernal se mueven ligeramente con respecto de las estrellas, de modo que, la ascension recta y la declinación de un objeto cambian gradual y continuamente. Sin embargo, por ser éste un sistema casado

en el ecuador celeste (que es, por lo tanto, simétrico al eje de rotación de la Tierra) es el más conveniente dentro de los que existen.

La ascensión recta y la declinación son las coordenadas que se utilizan más frecuentemente para apuntar los telescopios y guiarlos durante el movimiento aparente de las estrellas.

FENÓMENOS NATURALES

Los fenómenos naturales que afectan la observación astronómica, incluyen la humedad y el polvo en la atmósfera, el "seeing", la radiación del cielo nocturno, la extinción atmosférica, etc. Merecen mención las características generales de algunos de estos fenómenos por su incidencia en el diseño de los instrumentos.

"SEEING". - Este término se utiliza para designar una particular condición de visibilidad.

La luz proveniente de un objeto puntual en el cielo pasa por las distintas capas de la atmósfera para llegar hasta el observador. En cada una de estas capas, la luz sufre refracciones y difracciones, de tal suerte que la estrella ya no se percibe como un punto luminoso sino que se presenta, en el foco de un telescopio grande, como un pequeño disco de contornos poco definidos compuesto de muchas imágenes sobrepuestas que oscilan defasadas unas de otras. A esta condición se le conoce como "seeing" y es incrementada con las variaciones de temperatura y las corrientes de convección resultantes..

El "seeing" presenta dos componentes: movimiento aparente del objeto en la pequeña área circundante y cambios en el diámetro del objeto. Estas componentes hacen que se convierta (el "seeing") en el principal factor que determine el tamaño de un elemento de

imagen; es decir, el área que ocupa la imagen de una estrella, o qué fracción de una imagen estelar puede ser recibida por el instrumento.

RADIACION DEL CIELO NOCTURNO. - Una fracción considerable de esta radiación (sin tomar en cuenta la luz de la luna) es producida por procesos fotoquímicos en la ionósfera terrestre; otra parte está constituida por luz solar y estelar difusa y en algunos casos, también existe una componente de la luz emitida desde las ciudades.

Todas estas radiaciones constituyen un fondo contra el que se deben detectar imágenes débiles.

EXTINCION ATMOSFERICA. - Esta ocurre en función de la longitud de onda y de las masas de aire. Consiste en que algunas ondas pueden atravesar la atmósfera de un modo más libre que otras. Hay algunas longitudes de onda que no llegan al nivel del mar, por ejemplo, los rayos ultravioletas que son absorbidos por la capa de ozono.

Se dan casos especiales, como sucede con la radiación infrarroja, en la que existen bandas de absorción debidas, principalmente, al vapor de agua y al bióxido de carbono. Sin embargo, hay "ventanas" relativamente transparentes a este tipo de radiación.

Otra limitación natural, en la observación de fuentes débiles en infrarrojo, es la

radiación térmica ambiental. A temperatura ambiente, por ejemplo, los objetos tienen su máximo de radiación en una longitud de onda de 10 micras aproximadamente. En esta región, todo, incluyendo la óptica del telescopio, constituye una fuente radiante significativa. Dicho de otro modo, sería equivalente a llevar a cabo una observación en el rango visible cuando el telescopio, la cúpula y todo lo que rodeara al detector, se encontrara en llamas. Esto significa que se debe tener cuidado en no invadir el campo con piezas que puedan interferir en la observación infrarroja.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

La única información que se puede obtener de la mayoría de los objetos astronómicos, proviene de la radiación que emiten. En realidad, la luz visible constituye una pequeña parte de un amplio rango de diferentes tipos de radiación electromagnética que difieren entre sí solamente por su longitud de onda.

Así, actualmente, sabemos que el espectro electromagnético está constituido por ondas de radio, rayos infrarrojos, luz, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Las ondas de radio tienen longitudes de onda más grandes y los rayos gamma, las más cortas.

Solamente las ondas de radio, la radiación visible y los rayos gamma más cortos no tienen dificultad en penetrar la atmósfera y llegar hasta el nivel del mar. Existen algunas "ventanas" en el infrarrojo, pero toda la astronomía ultravioleta y de rayos X se tiene que llevar a cabo fuera de la atmósfera terrestre con el propósito de evitar absorciones.

Las diferentes formas de energía radiante se detectan de modos muy diversos:

-Las ondas de radio (con longitudes de onda que van desde varios kilómetros hasta centímetros) son captadas con radiotelescopios o antenas.

-Los rayos infrarrojos (con longitudes de onda menores de 0.0015 mm) pueden ser fotografiados con emulsiones especiales. Hay, además, algunos materiales cuyas

resistencias cambian cuando absorben fotones infrarrojos. Estas sustancias son utilizadas en algunos detectores para medir la energía que se recibe.

-La radiación visible tiene longitudes de onda que van de los 4 000 Å a los 7 000 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm}$) y puede detectarse por medios fotográficos y fotoeléctricos. Un detector fotoeléctrico contiene una sustancia fotoemisora que desprende un electrón cada vez que absorbe un fotón.

-La radiación ultravioleta y la de rayos X (con longitudes de onda menores de 200 Å) pueden ser detectadas fotográfica y fotoeléctricamente. Sin embargo, como se ha dicho, estos tipos de radiación, cuando provienen de las estrellas, son absorbidos por la atmósfera terrestre.

-La radiación electromagnética de menos de 0.1 Å de longitud de onda, es llamada radiación gamma y es generada en el interior de las estrellas. Gradualmente es convertida a luz visible por las repetidas absorciones y reemisiones que llevan a cabo los gases que constituyen a las estrellas.

MAGNITUD DE UN OBJETO CELESTE

Las estrellas difieren entre sí en su brillo aparente. Esto se debe no sólo a la diversidad en la emisión de energía luminosa, sino también porque las estrellas no se encuentran a la misma distancia con respecto a la Tierra.

Una de las clasificaciones de las estrellas, es la basada en categorías de brillantes (llamadas magnitudes). Las estrellas de mayor luminosidad ocupan los primeros lugares de magnitud y las estrellas más débiles tienen órdenes de magnitud más altos. Es decir, una estrella de magnitud 6 (al límite de lo que se puede percibir a simple vista) es una estrella menos luminosa que una de primera magnitud y ambas son más débiles que un objeto celeste de magnitud -4 (por ejemplo, Venus).

Como el ojo humano responde en base a una progresión geométrica en vez de aritmética, la escala de magnitudes estelares es una escala logarítmica, de modo que una estrella de magnitud 6 es, aproximadamente, cien veces más débil que un objeto de magnitud 1.

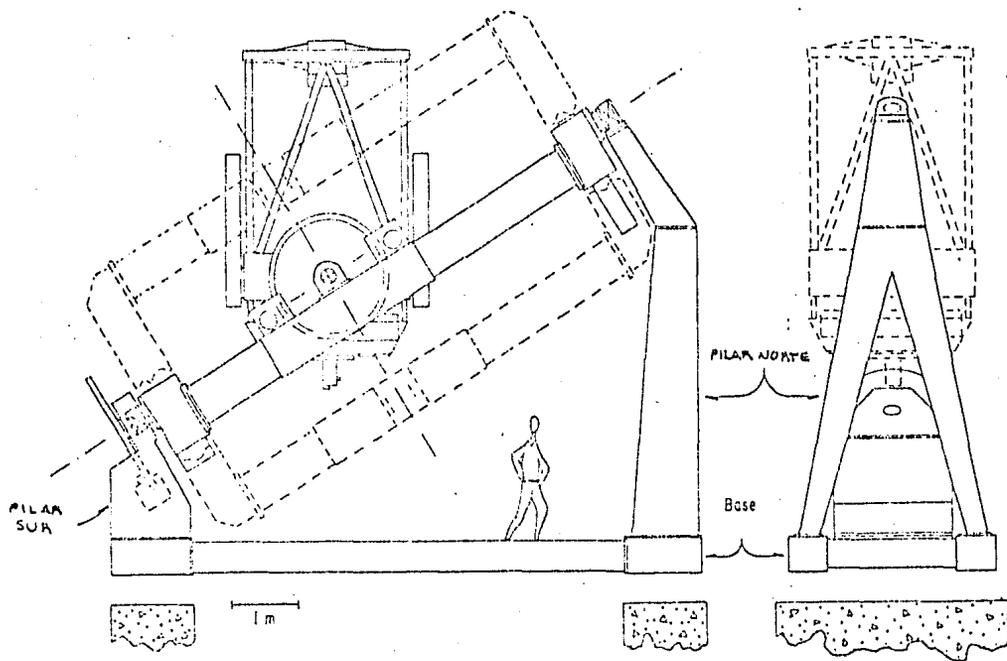
CONDICIONES INSTRUMENTALES

A continuación se presentan los principales parámetros de diseño instrumental , que incluyen los impuestos por la geometría óptica y por el sistema de detección y medición de fuentes débiles. Estos, junto con los fenómenos naturales discutidos en la sección anterior, se usan para determinar el alcance dado por el telescopio y los detectores.

EL TELESCOPIO

Los telescopios astronómicos siguen la trayectoria aparente de un objeto celeste mediante mecanismos de conducción. Usualmente, los telescopios ópticos actuales son sostenidos en un soporte que tiene forma de pinza y que le permite dos grados de libertad.

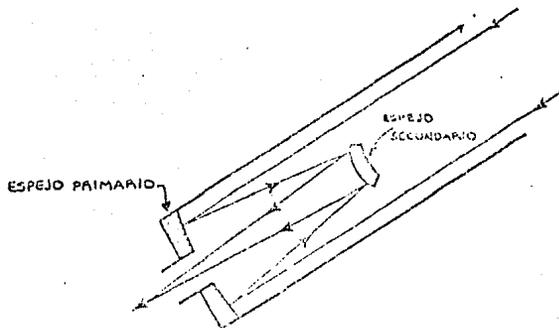
El telescopio está muy bien lubricado y balanceado de modo que aun cuando su peso es de 22 toneladas, aproximadamente, su movimiento es moderado y no requiere motores de mucha potencia.



CONFIGURACIÓN GENERAL DEL TELESCOPIO

Los telescopios para radiación electromagnética visible e infrarroja, utilizados en los observatorios astronómicos, están constituidos por grupos de espejos que se diseñan y combinan de modo que se concentre la mayor cantidad posible de luz proveniente del cielo y que proporcionen una buena resolución. Esto se logra al hacer el espejo primario lo más grande posible.

El siguiente diagrama de un telescopio reflector de tipo Ritchey-Chretien (que es de los más usados), muestra la colocación del espejo primario y del secundario.



El espejo primario se llama así porque es el primero que refleja la luz que recibe el telescopio y que, debido a la concavidad hiperbólica de su superficie, la envía hacia el espejo secundario. El espejo primario tiene un orificio al centro por el cual pasa la luz reflejada por el secundario.

El espejo secundario es diseñado con una curvatura hiperbólica que determina la

distancia a la cual convergen los rayos de luz en un foco.

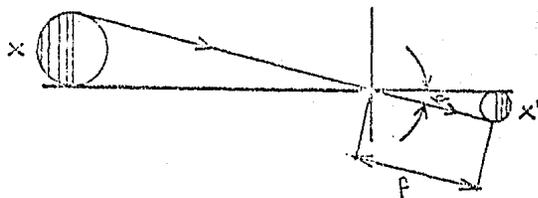
Los telescopios pueden presentar distintas características de acuerdo al tamaño, disposición y combinación de sus elementos. A continuación se da una breve descripción de los parámetros que determinan la diferencia entre los telescopios.

El punto donde convergen los rayos de luz, se conoce como foco óptico. La distancia entre el foco de un espejo y él mismo, constituye la DISTANCIA FOCAL TOTAL.

En el tipo de telescopios que se han tratado se tienen, como se ha dicho, dos espejos: uno frente a otro, de modo que la distancia focal resultante de esta disposición (llamada distancia focal equivalente o total) viene dada por las características ópticas de los espejos.

La ESCALA DE PLACA de una imagen depende de la distancia focal de la lente o espejo y es una medida del tamaño de una imagen en el plano focal. En Astronomía, los tamaños de los objetos se expresan en unidades angulares. Así, por ejemplo, la luna tiene un tamaño angular de $1/2$ grado.

La escala de placa de una imagen depende de la distancia focal de la lente o espejo que la produce.



donde $x' = f \theta$ cuando θ es pequeño

f es la distancia focal y x' el tamaño de la imagen.

La ILUMINACION en una imagen es la medida de la cantidad de energía luminosa que es concentrada por unidad de área de la imagen. La iluminación de una imagen determina si está por arriba del intervalo de visibilidad o, en su caso, cuánto tiempo se requiere exponer una placa fotográfica para grabar la imagen.

La iluminación de una imagen producida por un objeto extendido (como la luna, un planeta, una nebulosa, etc.) o la débil brillantez del cielo nocturno, es mayor cuanto mayor sea el flujo de luz que pase a través del objetivo (lente o espejo) para formar la imagen y es menor cuanto mayor sea el área sobre la cual se esparcirá ese flujo. La cantidad de flujo que llega a la imagen es proporcional al área del objetivo y, por lo tanto, al cuadrado de su diámetro o abertura (ya que se trata de elementos circulares). El área sobre la que el flujo es esparcido, es proporcional al cuadrado de la distancia focal del objetivo ya que, como vimos, el diámetro de la imagen varía con la distancia focal. Así, la iluminación "L" de una imagen extendida es proporcional a: $L \sim [d/f]^2$ donde d es el diámetro o abertura y f es la distancia focal.

La cantidad f/d se conoce como RAZON FOCAL o, simplemente, número $f/$ del sistema e indica la relación existente entre la distancia focal y el diámetro o abertura del objetivo.

Como la razón focal determina la iluminación de la imagen, también determina el

tiempo necesario de exposición de una imagen. Por ésto, a la razon focal se le llama a menudo "velocidad" de un sistema óptico. En sistemas de alta velocidad, la distancia focal es corta, comparada con el tamaño de la lente.

Como las estrellas son fuentes puntuales, idealmente, las lentes o espejos concentran la luz de las estrellas en un solo punto, independientemente de la distancia focal. Para un objeto puntual, la cantidad de luz en la imagen, depende solo de la cantidad de luz recopilada por la lente o espejo y, por lo tanto, es proporcional al cuadrado de la abertura.

La RESOLUCION se refiere a la fineza en los detalles inherentes a la imagen. Debido al fenómeno de difracción, un objeto puntual no forma una imagen de un punto, sino una pequeña mancha de luz, rodeada por aros concéntricos débiles y uniformemente espaciados. El tamaño angular de la mancha central de luz (llamado disco de difracción central) de la imagen, es inversamente proporcional a la abertura del objetivo y directamente proporcional a la longitud de onda observada. No se puede distinguir ningún detalle que sea menor que el disco de difracción.

La capacidad de un sistema óptico para distinguir detalles en las imágenes que produce, o para separar las imágenes de dos estrellas muy cercanas, se llama PODER DE RESOLUCION. En la práctica astronómica, el poder de resolución se describe en términos del menor ángulo existente entre dos estrellas, para el cual se producen imágenes separadas.

Es claro que la generación y pulido de las superficies ópticas de los espejos pueda presentar imperfecciones que degradan el poder de resolución de un telescopio.

ABERRACIONES OPTICAS

Idealmente, un sistema óptico debería producir imágenes nítidas en toda el área del plano focal. Esto no ocurre así ya que la interacción entre la luz y los elementos ópticos (ya sean lentes o espejos) produce desviaciones indeseables en la trayectoria de los rayos, que provocan defectos en la imagen. A estos defectos se les conoce como ABERRACIONES. Existen dos grupos: aberraciones cromáticas y aberraciones geométricas.

A las cromáticas se les llama así porque están en función de la longitud de onda de los rayos de luz que entran al sistema.

Las geométricas incluyen a las aberraciones que producen deterioro en la imagen (aberraciones esféricas, coma y astigmatismo) y las que deforman la imagen (curvatura de campo y distorsión).

Los telescopios de tipo Ritchey-Chretien, por sus espejos hiperbólicos, no presentan aberración esférica ni coma, pero presentan astigmatismo y curvatura de campo.

ASTIGMATISMO.- Este defecto de la imagen ocurre cuando un objeto puntual está ubicado a cierta distancia del eje óptico de un espejo cóncavo o convexo. Los rayos incidentes, sean paralelos o no, subtenden un ángulo considerable con respecto de dicho eje. Esto provoca que algunos rayos sean enfocados en un plano y que otros rayos, pertenecientes al mismo haz de luz, converjan en otro foco. El resultado es que en vez de una imagen puntual, se forman dos líneas mutuamente perpendiculares. A esta aberración se le conoce como astigmatismo.

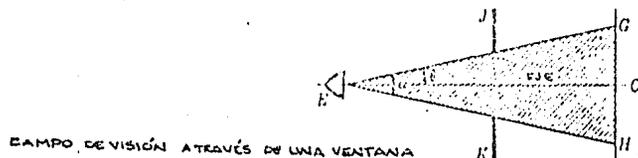
CURVATURA DE CAMPO.- Cuando en un sistema está corregido el astigmatismo, se forman imágenes puntuales de objetos puntuales tanto en el eje óptico como fuera de éste. Sin embargo, las imágenes caen en un plano curvado. Esta situación existe para cualquier sistema óptico y no puede ser cambiado alterando la forma de los espejos o su espesamiento.

La curvatura de campo focal ocasiona que aparezcan fuera de foco algunas áreas de la imagen; puede ocurrir que el centro del campo esté perfectamente en foco, pero las orillas estén borrosas; también puede suceder que el centro y los márgenes estén desenfocados y que la zona intermedia esté enfocada; etc.

El reconocimiento de las aberraciones en un arreglo óptico es esencial para considerar correctamente las características de la imagen con la que trabajarán los instrumentos.

DIAFRAGMA DE ABERTURA Y CAMPO DE VISION.

Cuando uno mira a través de una ventana, el campo de visión está limitado por el tamaño de la ventana y por la posición del observador. En la siguiente figura, el ojo del observador se muestra en el punto E, la abertura de la ventana en JK y el campo observado en OH.



En esta ilustración, la ventana sería el límite de campo. Cuando el observador se acerca a la ventana, el campo angular (α) se abre, en cambio, cuando se aleja, el campo se estrecha.

En el diseño óptico de instrumentos astronómicos es común especificar el campo de visión en términos del ángulo (α) y expresarlo en grados. Este determina, como se ha visto, qué parte de la superficie de un objeto puede ser detectado a través de un sistema óptico. Al tratar el campo de visión, es importante saber dónde y cómo es limitado el haz de rayos que entra al sistema.

La naturaleza finita de los espejos (o lentes) provoca una recolección fraccional de la energía emitida por una fuente puntual. El límite físico presentado por la periferia de un espejo determina qué rayos entrarán al sistema para, finalmente, formar una imagen. De este modo, el diámetro no obstruido o "claro" del espejo, funciona como una abertura a la cual fluye la energía luminosa. Cualquier elemento, ya sea el borde del espejo o un diafragma separado de éste, que determine la cantidad de luz que llegue a la imagen, se conoce como el DIAFRAGMA DE ABERTURA.

Evidentemente, rayos muy oblicuos pueden, aún, entrar al sistema; sin embargo, son restringidos deliberadamente para controlar la calidad de la imagen.

El elemento que limita el tamaño o intervalo angular de la imagen producida por el sistema, se llama LIMITE DE CAMPO y determina el campo de visión del instrumento.

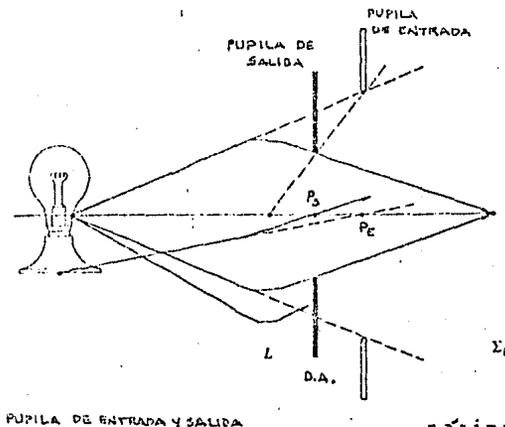
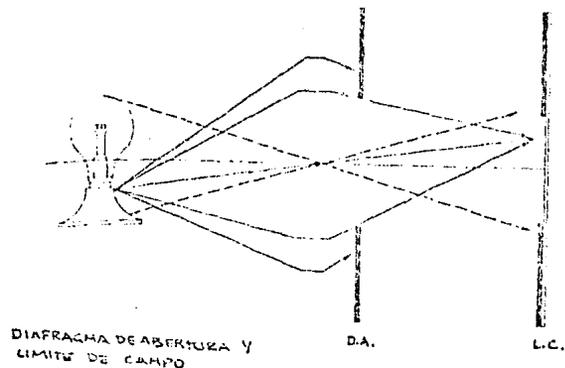
Así, mientras el diafragma de abertura controla el tamaño del haz proveniente de un objeto que llegará a la imagen, el límite de campo obstruirá o no algunos de esos rayos.

Al abrir el diafragma de abertura, se da paso a un cono mayor de luz y así se aumenta la iluminación en la imagen. En cambio, al abrir el límite de campo ocasiona que los extremos del objeto, que antes estaban bloqueados, formen ahora parte de la imagen.

PUPILAS DE ENTRADA Y SALIDA.

Otro concepto útil al determinar cuáles rayos entrarán a través de un sistema óptico, es el de pupila. Esta es, simplemente, una imagen del diafragma de abertura.

La pupila de entrada de un sistema es la imagen del diafragma de abertura como si fuera visto desde un punto axial en el objeto, a través de los elementos ópticos que precaden al diafragma. Si no hay lentes entre el objeto y el diafragma de entrada, éste mismo servirá como pupila de entrada.



Por el contrario, la pupila de salida es la imagen del diafragma de abertura visto desde un punto axial en el plano imagen. En la figura que se muestra no hay dichos lentes, y así, el diafragma de abertura actúa como pupila de salida.

Todo lo anterior significa que el cono de luz que entra al sistema óptico está determinado por la pupila de entrada, mientras que el cono que sale está controlado por la pupila de salida. Ningún rayo de la fuente que provenga de fuera de cualquiera de estos conos, entrará al plano imagen.

Puede suceder, sin embargo, que los haces de rayos provenientes de los puntos más alejados del eje óptico, sean parcialmente interceptados por las pupilas y esto resulta en un oscurecimiento de la imagen en los puntos cercanos a la periferia. A este efecto se le conoce como VIRETEO y debe de ser, en lo posible, evitado.

La ubicación y el tamaño de las pupilas en un sistema óptico, son de gran importancia. Como se dijo anteriormente, la cantidad de luz recolectada por un espejo, es directamente proporcional al área del espejo o, de un modo más general, al área de la pupila de entrada. Un claro de abertura mayor, intersectará un cono más grande de luz. La pupila de entrada y la distancia focal del espejo determinarán, de igual modo, el número $f/\#$ o razón focal.

SISTEMAS DE DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE FUENTES DÉBILES

El estudio de las fuentes astronómicas débiles requiere, cada vez más, de la aplicación de detectores optoelectrónicos que sean sensibles a bajos niveles de luz, cuya salida (en forma de imágenes o de señales eléctricas) puede ser observada directamente en un ocular o, en su caso, a través de un monitor. Estos implementos hacen posible la observación de una gran cantidad de objetos. Por ésto, este tipo de tecnología se convierte en un indicador durante el proceso de diseño instrumental.

Los detectores optoelectrónicos son, en general, fotoconvertidores. Estos son aparatos que convierten imágenes no visibles en imágenes que caen dentro del intervalo de observación óptica. En principio, consiste en la utilización de películas muy delgadas de sustancias (fotocátodos) que reaccionan con la radiación electromagnética:

Los electrones en un metal o en un semiconductor, adquieren energía a partir de los fotones incidentes. Esta transmisión de energía ocasiona que el electrón más frágilmente unido al átomo, sea liberado o, si la energía es mayor, que sea eyectado del material. En el primer caso, se produce un efecto de fotoconducción y, en el segundo, un efecto fotoeléctrico.

Los fotoconvertidores pueden ser, por lo tanto, fotoemisivos (como los intensificadores de imagen) o fotoconductivos (como los CCD) y, por su funcionamiento, son complementarios uno del otro.

Los detectores fotoemisivos proyectan la "imagen electrónica" en una pantalla fluorescente por medio de campos eléctricos y, así, se produce una imagen ópticamente visible. De este modo se pueden formar imágenes suficientemente brillantes a partir de fuentes con bajos niveles de radiación.

En los fotoconductores se desarrolla una diferencia de potencial (efecto fotovoltaico) y, mediante una batería, se amplifica la corriente producida por ionización de modo que la imagen óptica se transforma en una imagen codificada en carga que puede ser transportada, almacenada y leída.

FOTODIÓDOS. --El funcionamiento de este tipo de detectores se basa en la propiedad de emisión fotoeléctrica externa que, generalmente en el vacío, poseen los fotocátodos. Esto es, la emisión de electrones de una sustancia sujeta a radiación electromagnética, como luz, rayos infrarrojos, etc. El tiempo durante el cual los electrones son recolectados en la zona fotosensible, se llama TIEMPO DE INTEGRACION. El haz de electrones liberados por la acción de la luz, es dirigido a una columna de electrodos provistos de una capa para emisión secundaria, iniciándose así una cascada de electrones. Sólo cuando el factor de emisión secundaria es mayor que la unidad (es decir, cuando el número de electrones secundarios es mayor que el número de electrones primarios) se puede hablar de "multiplicación". Se habla de GANANCIA cuando se refiere al número de electrones obtenidos a la salida por cada fotón incidente.

Este implemento emplea la emisión secundaria de los sólidos para producir una amplificación en la corriente. Así, un fotoemisor es la combinación de una celda fotoemisiva y un amplificador de corriente en una envoltura que hace posible la multiplicación de la corriente de electrones.

El número de electrones secundarios liberados depende de la energía cinética de los electrones primarios (el bombardeo de electrones) y, por lo tanto, del voltaje al cual son acelerados éstos. La multiplicación ocurre, generalmente, a voltajes de aceleración mayores de 100 volts, y está afectada por fenómenos térmicos que producen irregularidad en el flujo de electrones. Los efectos térmicos que provocan esta emisión aleatoria de

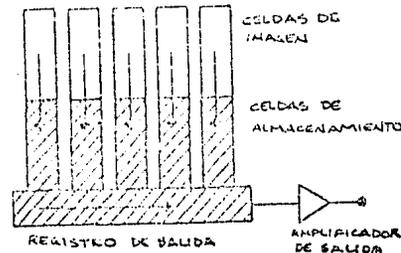
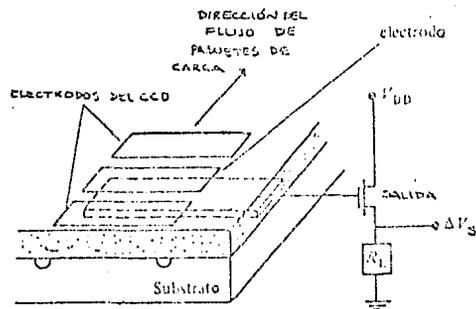
electrones en el sustrato, originan una señal (CORRIENTE OSCURA) que aparece aún cuando la iluminación en el área sensible sea nula.

FOTODUCTORES -En contraste con los metales, los semiconductores contienen un número relativamente pequeño de electrones casi libres a temperatura ambiente y, con la incorporación de impurezas (átomos de otros elementos de mayor o menor valencia), se pueden variar las propiedades conductivas de los semiconductores. Como resultado de la deficiencia de electrones, se obtiene una conducción positiva (P); la conducción negativa (N) se da con el exceso de electrones.

Cuando se unen zonas de conducción negativa con zonas de conducción positiva, se constituye una región de transición de alta resistencia eléctrica y, cuando se aplica un voltaje, la concentración de cargas positivas o negativas puede ser aumentada o disminuida. Todo lo anterior significa que cuando el efecto fotoconductor ocurre en la interfaz P-N de los semiconductores, se desarrolla una diferencia de potencial (efecto fotovoltaico). Sin embargo, se requiere de un voltaje auxiliar provisto por una batería para amplificar la corriente producida por ionización.

El principio operativo del fotoconductor conocido como CCD (dispositivo acoplado por cargas), es la creación de paquetes de carga eléctrica en lugares específicos del material de silicio semiconductor.

Estos lugares específicos son elementos de almacenamiento que se colocan uno al lado del otro y, adyacentes a ellos, hay electrodos cuyos voltajes pueden ser, alternadamente, elevados y reducidos, ocasionando que los paquetes de carga individuales pasen de un elemento de almacenamiento al siguiente. Esta transmisión de cargas de un elemento a otro, es muy eficiente: la cantidad de carga permanece casi constante. El aparato está, por lo tanto, almacenando información hasta que es entregada como señal eléctrica.



Por otro lado, se utiliza otra característica básica de los semiconductores de silicio, que es el efecto fotoeléctrico antes mencionado y por el cual se liberan electrones en aquellas regiones del silicio que son iluminadas con fotones. La absorción de la radiación incidente en el silicio, genera un número directamente proporcional de electrones, de modo que se obtiene una reproducción fiel de los objetos que son proyectados en su superficie.

Después de un tiempo apropiado de integración, durante el cual se están generando los paquetes de cargas, éstas son transferidas a un registro transportador. Cada paquete de carga corresponde a un pixel. A la salida se obtiene una secuencia de pulsos eléctricos, cuyas amplitudes son proporcionales al tamaño de los paquetes de carga generados y que constituyen una línea de información de video.

Existen arreglos en forma lineal (una dimensión) y otros en forma matricial (dos dimensiones). Estos últimos tienen elementos sensibles en un arreglo X-Y y registran áreas de imágenes, de modo que se obtiene toda una superficie de información de video en cada período de integración.

Recordemos que cuando los dispositivos son expuestos a la radiación electromagnética, parte de ésta es "radiación de fondo" contra la que es necesario detectar las fuentes débiles.

La RESPUESTA de un detector es la razón del nivel de la señal de video a la excitación que la produjo ; además, la respuesta depende del intervalo espectral de la

fuentes luminosa.

La imagen se produce, generalmente, en un formato cuadrado, llamado cuadro, constituido por líneas. Las líneas pares forman un campo y las nones forman otro campo. Al entrelazar en el tiempo estos dos campos, se constituye el cuadro. Estas líneas, a su vez, están divididas en pixeles cuyas dimensiones están definidas, geoméricamente, por la construcción del detector. El tamaño de los pixeles está muy relacionado con la escala de placa, la cual fue mencionada en secciones anteriores.

EL GUIADOR EXCÉNTRICO Y SU RELACIÓN CON OTROS INSTRUMENTOS

El guiador excéntrico y su relación con el telescopio

Como ya se mencionó anteriormente, el guiador excéntrico desvía la luz reflejada por el espejo secundario antes de que se analice y, así, se puede observar el campo de visión. La ubicación física del guiador es, por lo tanto, entre el telescopio y el instrumento de análisis. Este hecho debe contemplarse junto con las implicaciones ópticas y mecánicas que trae consigo:

Los aparatos astronómicos están diseñados para determinadas razones focales, por lo que si se van a utilizar en un mismo telescopio, éste debe proporcionar esa posibilidad de ajuste. En algunos telescopios, el espejo secundario se puede cambiar, según la razón focal requerida por el instrumento y este cambio de secundarios, hace variar la distancia focal total del sistema. Esto significa que la separación resultante entre el aparato y la parte inferior del telescopio (donde se sujetan los instrumentos), no debe de ser alterada por la colocación del guiador entre estos dos elementos.

Por otro lado, las alteraciones en el número $f/$ del sistema, suponen cambios en el diámetro del campo de visión y lo mismo resulta, tanto para el área que debe ser

reconocida como para el cono de luz que debe pasar libremente hacia el instrumento. El guiador excéntrico no debe interferir en este trayecto porque, de lo contrario, absorbería parte de la luz que se quiera estudiar; y para el caso de la observación infrarroja, se comportaría como una fuente emisora.

Es importante, también, que el guiador excéntrico no actúe como pupila en el sistema óptico y que no introduzca más aberraciones que las que recibirá del telescopio.

Un mecanismo perfecto de rastreo, debe estabilizar completamente la imagen producida por el telescopio. Esto significa que la imagen debe mantenerse absolutamente inmóvil respecto a un punto de referencia, o que tendrá un movimiento controlable y predecible si el programa observacional requiere dicho movimiento. En este último caso, el telescopio gira sobre sus ejes para seguir la trayectoria de la estrella, junto con el equipo sujeto a él.

Aquí es conveniente mencionar que los aparatos van unidos a una platina giratoria que se encuentra en la parte inferior del telescopio y que permite rotar al instrumento para darle la colocación requerida. Así, el guiador excéntrico no debe ser afectado por ese movimiento giratorio y las partes que lo conforman no deben presentar flexiones excesivas en ninguna de las posiciones en que pueda quedar el sistema durante una observación, para no introducir errores en el proceso.

Otro aspecto que hay que cuidar es que los aparatos suspendidos del telescopio, no expongan aristas, salientes, ni partes que puedan provocar accidentes a los usuarios ya

que, como es obvio, este trabajo se realiza con iluminación casi nula.

El guisoar astronómico y su relación con los instrumentos de análisis

EL FOTOMETRO. -

En la fotometría se mide la intensidad de la luz de los objetos astronómicos en diferentes bandas espectrales, que se han definido en un sistema que va desde el ultravioleta cercano hasta el infrarrojo lejano. Los niveles de flujo observados se describen en base a una escala de magnitudes y de índices de color.

Los fotómetros utilizan filtros y diafragmas para hacer las mediciones en distintas longitudes de onda de las fuentes luminosas aisladas. Sin embargo, como la luz que se recibe tiene componentes de la radiación de fondo, es necesario tomar medidas de la luminosidad del cielo, para restarla del flujo luminoso total. Para llevar a cabo esta operación, se hace oscilar al espejo secundario en un movimiento que va de la estrella al cielo (sin estrellas) y viceversa.

Los fotómetros están constituidos básicamente de: un ocular para ubicación y guiado; un diafragma con la abertura necesaria para aislar al objeto; lente de campo; filtros para aislar regiones espectrales; un detector para medir la radiación; botella de refrigeración para aumentar la sensibilidad del detector durante aquellos programas de observación infrarroja que así lo requieren.

Los oculares de los fotómetros a menudo no son suficientes para realizar el guiado, ya que si el interés está centrado en objetos de alta magnitud, es necesario guiar el

telescopio con otros objetos del campo, que estén fuera del diafragma. Es decir, se requiere de un guisador excéntrico.

LA CAMARA DIRECTA. -

La cámara directa, en realidad, convierte a todo el telescopio en una cámara fotográfica para registrar imágenes astronómicas. Como el telescopio Ritchey-Chretien presenta astigmatismo y curvatura de campo, la cámara directa está constituida, básicamente, por un sistema óptico aplanador de campo y que, además, corrige el astigmatismo en un diámetro de 55 minutos de arco (o 250 mm), sin introducir aberraciones cromáticas, para evitar deformaciones en las imágenes.

Las placas fotográficas, en donde se registran estas imágenes, son de vidrio cubiertas con emulsiones especiales de muy alta sensibilidad. Por lo general, los tiempos de exposición son largos y se requiere que la imagen proyectada tenga una gran estabilidad espacial en la emulsión. De ahí que se requiera de un guiado continuo y preciso sobre algunos de los objetos en el campo.

EL POLARIMETRO. -

La luz es una onda electromagnética. Es decir, está constituida por campos eléctricos y magnéticos que se desplazan en el espacio. Los vectores que representan estos campos pueden estar orientados al azar, en cuyo caso se dice que la luz no está polarizada; o bien, pueden estar orientados en alguna dirección preferente y en este caso, la luz está polarizada. La medida de la polarización de la radiación estelar es importante para, de ahí, determinar la presencia y naturaleza de campos magnéticos.

Los polarímetros cuentan con un filtro rotativo y codificado, que discrimina el paso de la luz polarizada de la no polarizada e indica la dirección de polarización de la luz. En la mayoría de los casos, el porcentaje de luz polarizada es tan pequeño, con respecto del total de la luz recibida, que es necesario realizar integraciones largas con gran estabilidad.

De nuevo es clara la necesidad de un guiado preciso durante la observación.

EL INTERFEROMETRO. -

El principio del interferómetro o etalón es el fenómeno de interferencia constructiva y

destruktiva: una pantalla situada enfrente del lugar donde se desarrolla el fenómeno, recibirá la interferencia constructiva como zonas luminosas y la interferencia destructiva como zonas oscuras. Así, se forma un "patrón de interferencia".

Un interferómetro consta de dos placas planas y paralelas, recubiertas en su interior por películas semirreflejantes. En éstas se hace incidir la luz proveniente del objeto astronómico en estudio. Parte del rayo de luz que incide, continúa con su trayectoria inicial, pero otra parte es reflejada una y otra vez por las dos superficies semirreflejantes y, finalmente, sale.

Los rayos de luz que atraviesan este par de placas, forman un patrón de interferencia. La diferencia en el camino óptico de las ondas provoca un cambio de fase entre el rayo incidente y el rayo reflejado, y le da ciertas características a los anillos del patrón de difracción, que al ser comparados con un patrón de referencia (de una lámpara situada en el mismo instrumento), se interpretan como las velocidades radiales de los objetos.

En los interferómetros Fabry-Perot, se puede variar la distancia entre las placas semirreflejantes. Con esto, se logra incrementar o reducir el camino óptico en múltiplos de la longitud de onda que se observa, para así aumentar la flexibilidad del instrumento.

Los interferómetros generalmente se utilizan para analizar una pequeña parte del espectro, por lo que la mayor parte de la luz es desechada. Así, las imágenes de los objetos astronómicos son muy débiles y para registrarlas es necesario un tiempo de

integración largo. Esto viene a significar la necesidad de un guiado preciso durante el movimiento estelar aparente.

EL ESPECTROMETRO. -

El análisis de la distribución espectral de la radiación electromagnética y, en particular, de las líneas de emisión y de absorción proporciona información sobre las condiciones físicas y químicas de la fuente luminosa.

Los espectroscopios son instrumentos ópticos utilizados para descomponer y examinar la radiación electromagnética (desde el infrarrojo hasta el ultravioleta). El sistema óptico de estos instrumentos consta de: una rendija sobre la que incide la radiación a analizar; un colimador; un elemento dispersor (prisma o rejilla de difracción), un ocular, o bien, un detector.

El modo de registrar el espectro da lugar a una diferenciación en los instrumentos. Con el espectroscopio se registra el espectro visualmente; con el espectrógrafo, por medio de placas fotográficas; se llama espectrómetro si los datos se registran por medios electrónicos.

En realidad, lo que hace el espectrómetro es un análisis cuantitativo de la distribución espectral de la radiación electromagnética. Para ésto, se incluyen detectores optoelectrónicos de muy alta sensibilidad que logran captar objetos muy débiles que el ojo humano no puede detectar; de modo que el guiado hacia ese astro con la ayuda única del ocular, es imposible.

DESARROLLO DEL DISEÑO

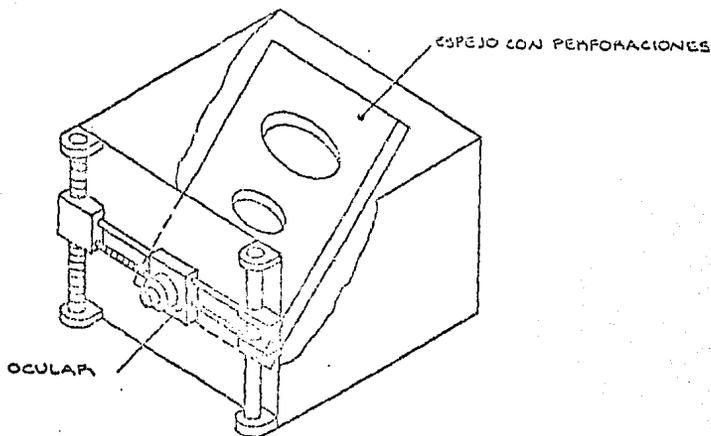
OTROS GUIADORES EXCÉNTRICOS

Algunos instrumentos de análisis cuentan con una especie de periscopio para certificar su correcta posición con respecto del eje óptico. Sin embargo, esta adaptación no resulta del todo útil si se quiere utilizar para realizar un guiado ya que el campo que abarca es limitado; como vimos en la sección referente a las relaciones entre un guiador excéntrico y los instrumentos de análisis, el astrónomo necesita observar objetos débiles para lo cual estas adaptaciones no son suficientes.

La información que se pudo obtener de otros sistemas de guiado no es extensa ya que, a nivel nacional, el Instituto de Astronomía de la UNAM es, si nó el único, sí el que desarrolla la instrumentación astronómica de vanguardia. Recurrir a información extranjera sobre guiadores excéntricos comerciales no siempre resultó fructífero, pues esos sistemas no se ajustan a las necesidades del Observatorio Nacional.

Algunos guiadores excéntricos cuentan con un espejo inclinado a 45 grados con respecto del eje óptico del telescopio, que desvía la luz hacia un ocular. Estos espejos

tienen una o dos perforaciones para permitir el paso de la luz hacia el instrumento; los diámetros de los orificios son distintos porque el cono de luz proveniente del telescopio, varía según la razón focal que se está empleando. Para reconocer el campo, el observador coloca el espejo de modo que refleje el haz de luz hacia el ocular que, por su parte, puede moverse en cualquier dirección sobre la superficie en la que está colocado. Posteriormente, el espejo se desliza para que sus perforaciones den paso a la luz.



El deslizamiento del espejo puede ser en dos direcciones: longitudinal o transversal al guiador. En ambos casos, las dimensiones del guiador crecen en función del campo de visión, pues de éste depende el tamaño de la perforación, el tamaño del espejo y el espacio necesario para deslizarlo. Situación que se hace crítica para instrumentos como el interferómetro Fabry-Perot, en el que el orificio del espejo debería ser mayor que el

propio espejo. El incremento en las dimensiones ocasiona que los instrumentos se sitúen a una distancia inadecuada con respecto del foco, además de desplazar demasiado el centro de masa de todo el sistema.

Otra desventaja que presentan este tipo de guidores es que, al no contar con un sistema optoelectrónico de detección, el intervalo de magnitudes disponible para guiar es muy limitado.

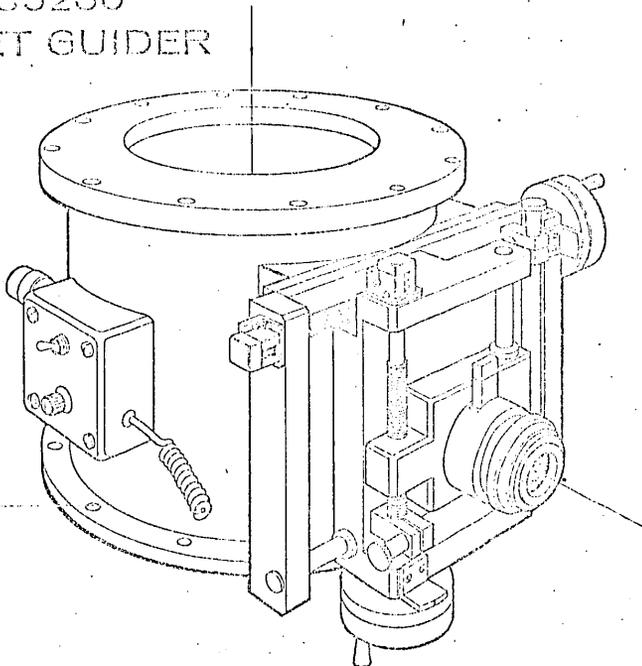
Un modo diferente de regular el paso de la luz, propuesto en el modelo 35230 de Boller & Chivens, es haciendo abatible una sección del espejo, que cuando está en su lugar, refleja la luz hacia el ocular y cuando está abatida, deja libre una perforación suficiente para que la radiación pueda ser analizada. (Ver los diagramas que se anexan).

Esta variante tampoco permite la observación de estrellas de altas magnitudes.

BOLLER & CHIVENS

Model 35230

OFFSET GUIDER



GENERAL DESCRIPTION

The Boller & Chivens Model 35230 Offset Guider is a perforated-mirror type, designed for use with photometers, spectrographs and other instruments that use only the central portion of the field. Although it appears similar to other guiders, many new features have been incorporated to improve its accuracy and extend its trouble-free life.

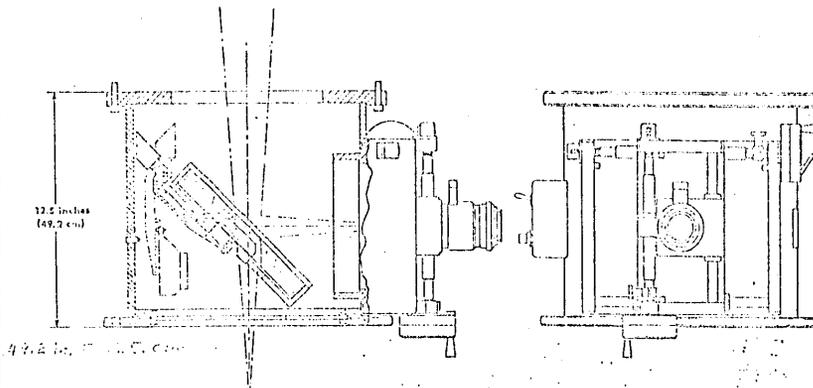
An Erle eyepiece and an edgelit reticle are mounted on a precise X-Y slide that reads to .01 mm by means of counters and micrometer dials. Travel is ± 50 mm in both directions. A special nut provides axial preload to remove all play. The design distributes wear over the entire thread and permits easy adjustment to compensate for wear. Curtains seal out light from the slide area.

To view the center of the field, the observer swings a small mirror into place, plugging the

center of the perforated mirror. This design is inherently better than the conventional sliding mirror because the plug can be hinged more accurately than a mirror can be translated. In place, the plug mirror's position is defined by the back of the perforated mirror. Alignment of the plug can be checked in seconds, while the guider is mounted on the telescope.

Most guider housings are not sufficiently rigid to support heavy instruments without excessive deflection. The housing for the Boller & Chivens Model 35230 Offset Guider is a rigid cylinder that is welded, not bolted together. If very large instruments are to be used, an appropriately heavier housing can be furnished.

In addition to the Model 35230, Boller & Chivens builds many probe-type guiders for direct photography and instruments that require the entire field of the telescope.



STANDARD SPECIFICATIONS

OFFSET RANGE	± 50 mm in X and Y	
READOUT	Counter and dial to .01 mm	
WEIGHT	43 pounds (19.5 kg)	12.6 in. (31.8 cm)
LENGTH	12.5 inches (49.2 cm)	19.8 in. (49.2 cm)

OPTIONAL FEATURES

Higher power eyepiece systems
Larger housings
Adapter flanges
Special mounting configurations
Eyepiece shutter

PERKIN-ELMER



Boller & Chivens Division

916 Meridian Avenue, South Pasadena, California 91030

Quando se quieren observar bajos niveles de luz, es preferible la detección de imágenes para despliegue en un monitor, haciéndose necesaria la utilización de detectores que, generalmente, deben mantenerse a bajas temperaturas para eliminar la radiación térmica. Si se intentara incluir un detector de este tipo en los guidores antes mencionados, el movimiento necesario para reconocer el campo, se dificultaría mucho ya que al incrementar el peso del aparato, entran en juego fuerzas que producen flexiones. Estas deformaciones en los elementos mecánicos, repercuten tanto en la óptica del telescopio como en la del instrumento.

En cuanto a la recopilación de información y conocimiento de otras soluciones, lo más importante fue visitar el Observatorio de Kitt Peak en E.U.A. donde presenciamos el guiado del telescopio de 4 mts. de diámetro, durante una observación. En seguida se presenta de un modo muy general, el funcionamiento de ese sistema de guiado.

Este guidor automático contiene dos sondas ópticas que se colocan en el campo del telescopio para obtener la estrella guía. Con el instrumento en una orientación Este-Oeste, una sonda cubre la mitad norte del campo de visión del telescopio, y la otra sonda cubre la parte sur. La sonda que está dirigida al norte permite una inspección visual y se controla manualmente.

Este aparato utiliza tres movimientos, dos corresponden al posicionamiento de la sonda óptica y otro más al posicionamiento del fotomultiplicador, para lograr el enfoque.

Para dar en el movimiento una precisión de 2.5 micras, usan una serie de engranes de

reducción y motores, contadores y manivelas.

El arreglo óptico incluye espejos, prismas, películas semitransparentes, filtros y un tubo disector de imagen. Este último es accionado, también, por un motor y requiere ser ajustado en cada observación.

La electrónica asociada a este instrumento, permite, también, la operación remota del guiador, siendo independiente de la consola del telescopio.

Los diagramas que se incluyen, muestran el arreglo mecánico que posiciona a la sonda, como si fuera visto desde abajo, hacia el telescopio.

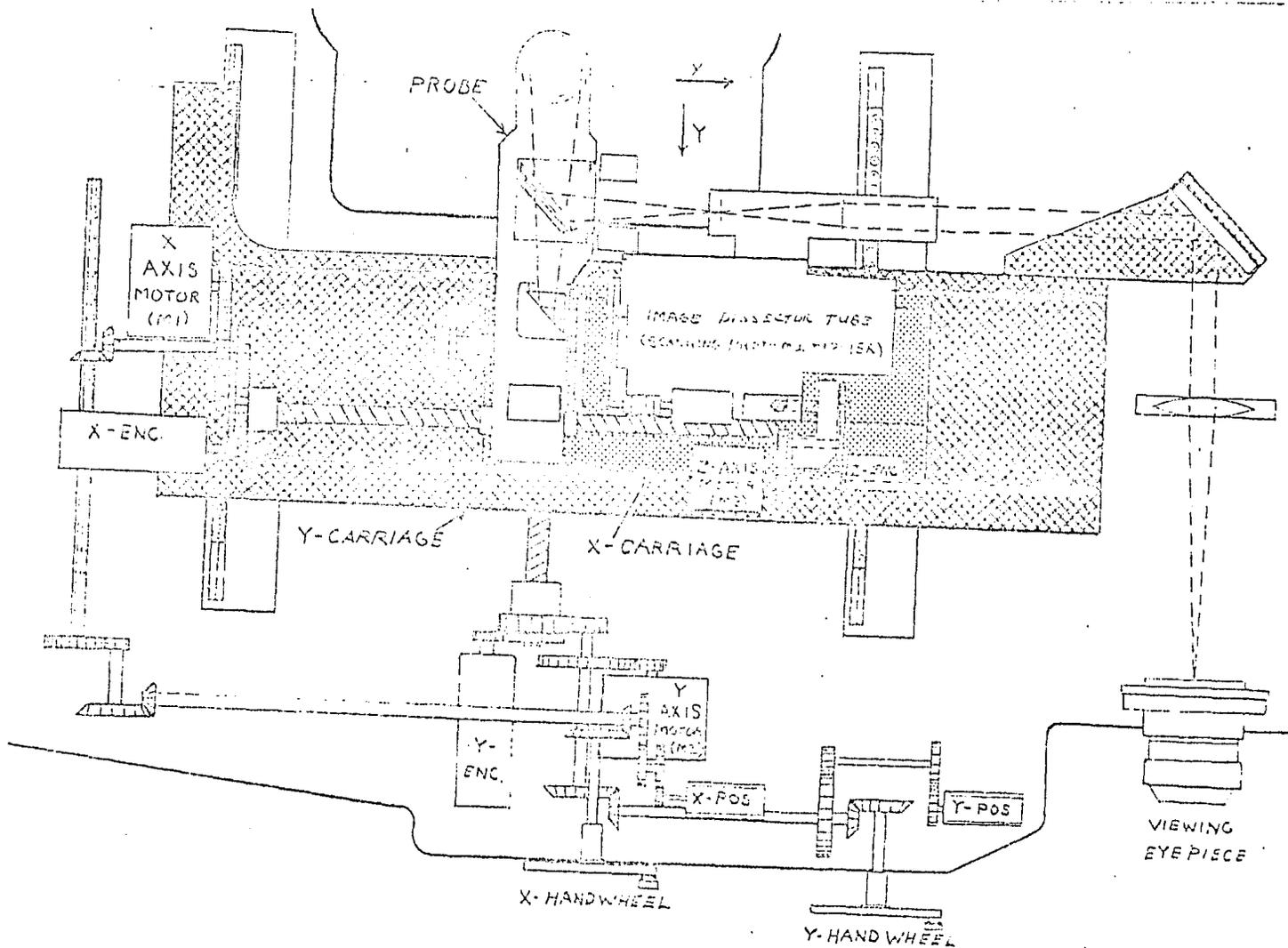


Figure 2 MECHANICAL/OPTICAL ARRANGEMENT OF GUIDER (PROBE I).
 (VIEW LOOKING UP FROM BELOW)

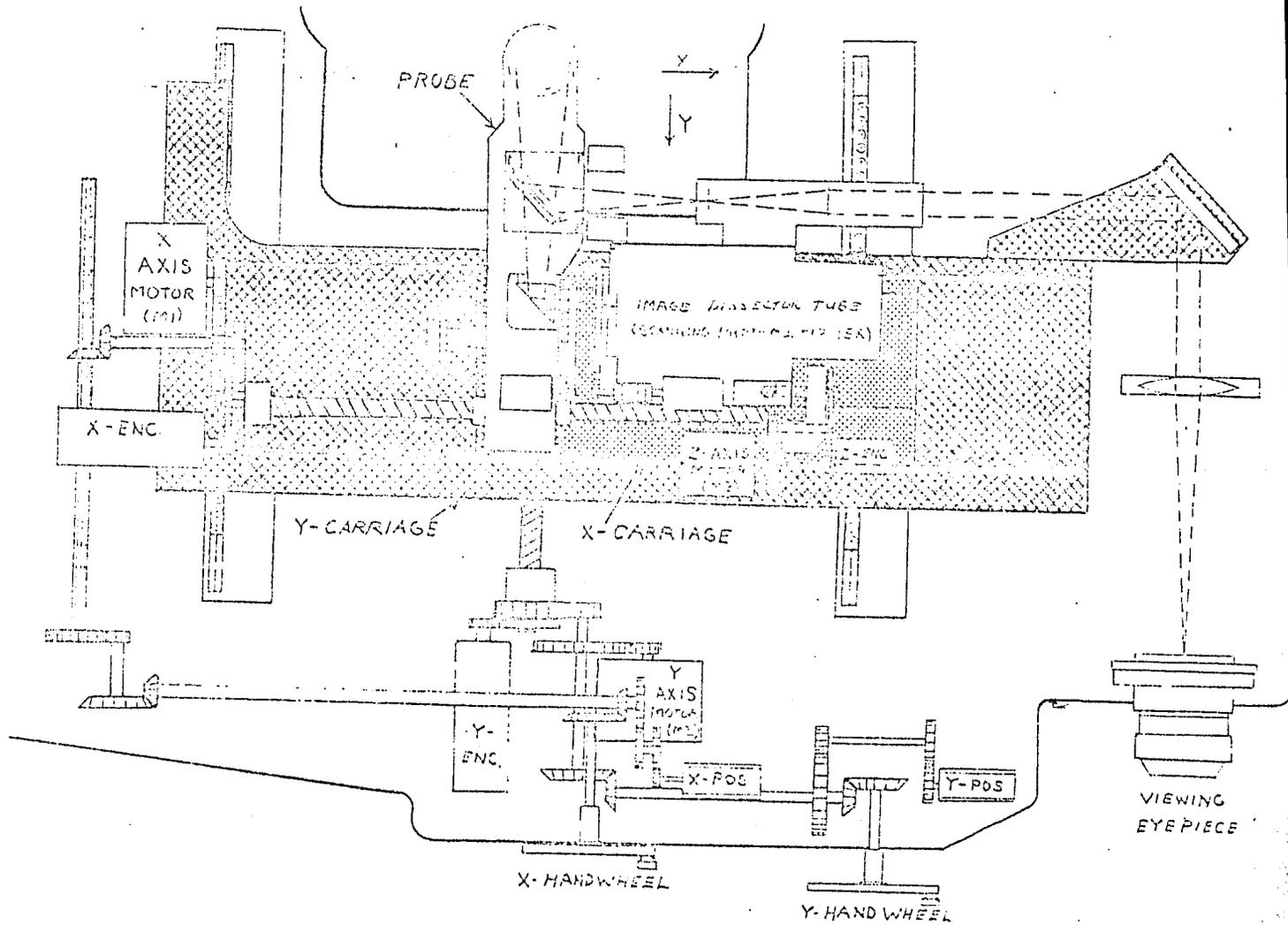


Figure 2 MECHANICAL/OPTICAL ARRANGEMENT OF GUIDER (PROBE).
 (VIEW LOOKING UP FROM TOP SURFACE)

CONSIDERACION DE LIMITANTES

Las limitantes de diseño se presentan a continuación enumerando, principalmente, las concernientes a la óptica del aparato. A partir de las limitantes ópticas se determinan los parámetros de diseño de los otros sistemas.

1. El IAGNAM cuenta con un telescopio Ritchey-Chretien de 2108 mm de apertura y razones focales de 7.5, 13.5 y 27.

El sistema Ritchey-Chretien es una versión del telescopio Cassegrain para tamaños medianos y grandes, donde el primario paraboloide ha sido sustituido por un hiperboloide. La aberración esférica introducida por el primario es corregida por el secundario, modificado de tal modo que minimiza la coma en un campo de alrededor de un grado de diámetro. La coma es muy pequeña y no es una de las aberraciones dominantes; el astigmatismo y la curvatura de campo hacen difícil el uso del telescopio para fotografía, por lo cual se utiliza un sistema aplanador de campo que no introduce astigmatismo en un diámetro de 35 minutos de arco (200 mm.).

2. En el Observatorio de San Pedro Mártir, la imagen estelar que se puede obtener en buenas condiciones de visibilidad ("seeing"), es de un segundo de arco de diámetro.

3. Según consideraciones de los astrónomos, en el monitor de televisión se debe observar un área de unos 4x4 minutos de arco, para identificar el campo.
4. Es deseable que la imagen de una estrella ocupe un arreglo de 2x2 pixeles o hasta unos 4x4 pixeles en el detector.
5. El tiempo de integración del detector debe ser variable para detectar distintos niveles de luz.
6. El guiador no debe girar cuando gira la platina, para no perder la referencia durante el guiado.
7. Se debe construir un cilindro separador para colocar los instrumentos en el plano focal óptico. Además, el cilindro no debe introducir deflexiones en el sistema, tomando en cuenta que la carga máxima que soportará será del orden de 150 kgs. y que el centro de masa esté localizado a unos 50 cms. por debajo de la celda del telescopio.
8. La siguiente tabla muestra las distancias de la celda del telescopio al plano focal y de la montura del instrumento al mismo plano, según la razón focal, para algunos instrumentos representativos.

INSTRUMENTO	f/	DIST. MONTURA A PLANO FOCAL	DIST. PLANO FOCAL A CELDA
ESPECTROGRAFO ECHELLE	7.5	158 mm.	478 mm.
FOTOMETRO LOWELL	13.5	282 mm.	567 mm.
REDUCTOR FOCAL	13.5	255 mm.	567 mm.
CAMARA DIRECTA	7.5	158 mm.	504 mm.

9. Según los cálculos hechos para la óptica del guiador, basados en las razones focales, las dimensiones de la platina y de la celda, y basados, también, en las propiedades de los instrumentos, el cilindro separador deberá tener una altura aproximada de 292 mm. y un diámetro interior de 720 mm. Dentro del cilindro se debe alojar la mecánica y la óptica del guiador, así como algunas partes electrónicas.

10. La posición óptima del eje óptico del guiador está a unos 160 mm de la celda del telescopio, con lo que la distancia del plano focal al centro del espejo del guiador es de 338 mm a f/7.5 y 407 mm a f/13.5.

11. El área que debe cubrir el guiador excéntrico está determinada por la distancia angular de guiado, por la ubicación del guiador y por el área necesaria para inspeccionar el campo (C).

para $f/7.5$, $C=272$ mm (alrededor de $60'$ de arco)
para $f/13.5$, $C=99$ mm (alrededor de $10'$ de arco)
para $f/27$, $C=600$ micras (alrededor de $2''$ de arco)

El guiador excéntrico debe abarcar una zona cuadrada (tal es la forma del área sensible del detector) que circunscriba el campo de plena iluminación.

12. El tamaño mínimo para la zona prohibida se obtiene del diámetro del cono de luz de una estrella en la sección que corresponde a la zona de movimiento del espejo viajero. Si se supone que una estrella tiene, en condiciones regulares de "seeing", un diámetro de $2''$ de arco, y ese disco se circunscribe con una zona cuadrada, obtendremos los siguientes valores en el plano focal para cada $f/$.

$f/7.5$ ---- 153 micras
 $f/13.5$ --- 280 micras
 $f/27$ ----- 532 micras

Estos valores tienen que ajustarse a la ubicación del guiador. Entre más alejado se encuentre éste del plano focal, el área de la zona prohibida se hará mayor.

El tamaño máximo de estas zonas dependerá de los objetos que observe el astrónomo; suponiendo que se desee mantener libre un diámetro de un minuto de arco, el cuadrado circundante deberá ser de :

para $f/7.5$ ----- 50 mm

para $f/13.5$ ----- 33 mm

13. El cilindro separador deberá contar, en su base, con una abertura que permita el paso de la luz. El diámetro de ese orificio depende de su distancia al plano focal y del diámetro del cono de luz, que está relacionado con la razón focal.

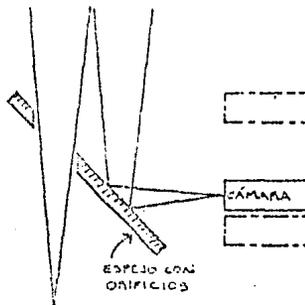
Para $f/7.5$, que es el caso mas crítico, se tendría una abertura de 290 mm.

14. La tolerancia límite en el movimiento axial y en las flexiones de los elementos mecánicos no debe exceder el tamaño de medio pixel.

PROPUESTAS DE DISEÑO

Considerando las limitantes que imponen tanto las condiciones atmosféricas como instrumentales y tomando en cuenta los objetivos de este proyecto, se hicieron las diversas propuestas que a continuación se presentan.

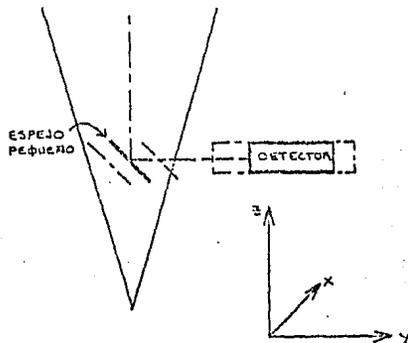
Propuesta 1. Está basada en el concepto de guiado con un espejo en diagonal, que presenta orificios de distinto diámetro. La variante introducida en esta propuesta consiste en desplazar una cámara sujeta al ocular, en lugar de mover todo el espejo. Con ésta se reducen un poco las dimensiones del guiador, pero no lo suficiente como para evitar un desplazamiento considerable de los instrumentos con respecto del eje óptico. Además, el problema de aparatos como el Fabry-Perot, que requieren un espejo con un orificio demasiado grande, sigue sin solución. Otra desventaja que presenta esta propuesta es el peso que hay que mover.



Se propuso, entonces, sustituir el espejo perforado por un espejo pequeño que recorra el campo del telescopio y si se diseña un sistema que sirva para la mayoría de las razones focales, tenemos ya dos grandes ventajas: por un lado, se podrían utilizar elementos que no soportarían grandes cargas y, por otro lado, el guiador tendría la versatilidad de usarse con la mayoría de los espejos secundarios, eliminándose así la necesidad de cambiar de guiador para cada razón focal.

Las siguientes versiones giran alrededor de estas ideas.

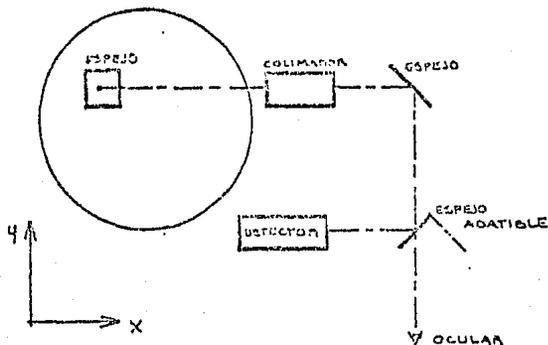
Propuesta 2. Aquí se ha logrado eliminar un grado de libertad en el movimiento del detector: el espejo pequeño recorre el área en los ejes X y Y, y el detector solamente necesita desplazarse en X y ajustarse al foco. Aunque la altura se reduce a un 33%, sigue existiendo el problema de mover el sistema de detección.



Propuesta 3. Por medio del diseño óptico, se puede llegar a un arreglo en donde el sistema de detección esté inmóvil. Para lograr ésto, además del espejo móvil, se incluye un colimador (que enfocará la imagen) y dos espejos más para desviar la trayectoria de la luz. El colimador, igual que el espejo móvil, tiene movimiento en X y en Y y los dos espejos se desplazan sólo en X. Uno de estos espejos es abatible para permitir la inspección visual a través de un ocular.

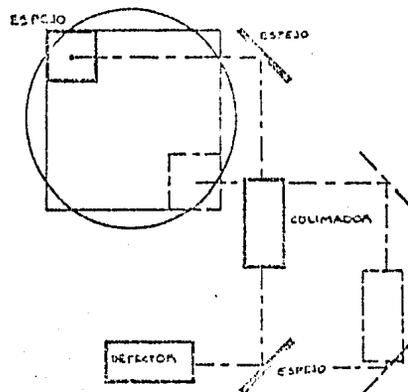
En esta propuesta se logró un avance considerable ya que los elementos móviles son mucho más livianos que el sistema de detección y se continúa teniendo dimensiones reducidas.

Se descartó la idea de hacer abatible uno de los espejos, porque es inoperante en la observación de objetos de alta magnitud.



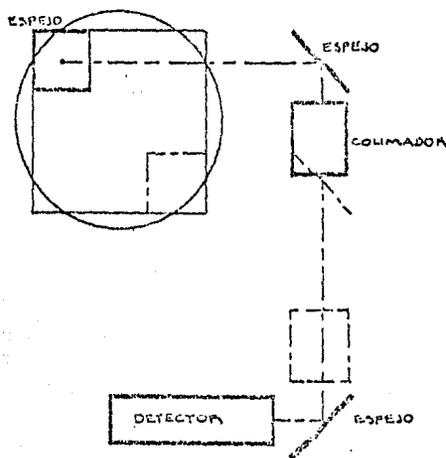
Propuesta 4. Constituye un estudio más minucioso de las dimensiones y movimientos de las componentes, basándose en la propuesta anterior. Aquí se invierten los lugares que ocupan el colimador (convergente) y el segundo espejo. Aunque su funcionamiento es aceptable, requiere mucho espacio por el movimiento de las piezas y existen zonas críticas donde son inevitables las colisiones entre elementos móviles.

Esta propuesta considera que el guiador estará ubicado abajo de la platina, por lo que no se evita el giro de ésta y el trabajo de programación se complica.



Propuesta 5. Se sugiere la eliminación de un espejo para que sea el colimador el que envíe la luz al detector. Con este arreglo se restringe el movimiento en X y, por lo tanto, las dimensiones del aparato.

disponibilidad de espacio, en las dimensiones según la localización del guiador excéntrico y según sus componentes. Esta propuesta incluye, en realidad, alrededor de diez versiones ya que se analizaron las diferentes posibilidades y combinaciones: colocando el guiador a la altura de la platina; utilizando un colimador convergente; colocando el aparato en la celda del telescopio; con un colimador divergente; variando las dimensiones de los espejos o el área de reconocimiento; etc.



Este arreglo parecía ser el adecuado, sin embargo, sus dimensiones excedían al diámetro de la celda del telescopio, razón por la cual se buscó otra solución que cumpliera con esta

exigencia, para llegar así a la propuesta definitiva, que se presenta con detalle en el siguiente capítulo.

PROPUESTA DEFINITIVA. EL SISTEMA DE GUIADO

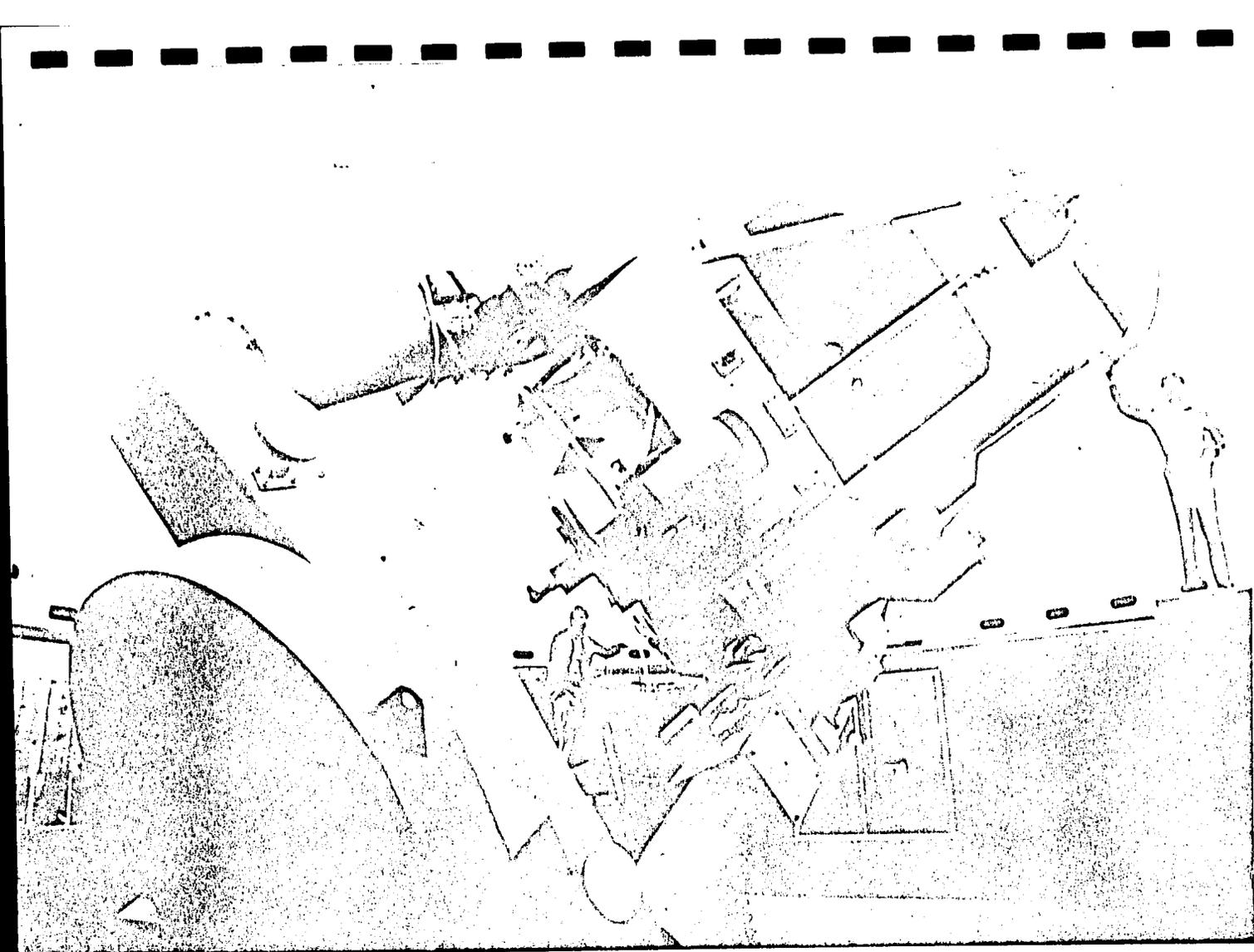
Para desarrollar este proyecto, analizamos las adaptaciones para guiar que vienen incorporadas en algunos instrumentos y realizamos un viaje al Observatorio de Kitt Peak en Arizona, EUA para conocer el aparato con el que se realiza esta función en el telescopio de 4 mts.

Uno de nuestros objetivos fue lograr un sistema muy general, que sirviera para las razones focales que se utilizan en el telescopio de 2 mts. de San Pedro Mártir y que fuera útil con la mayoría de los instrumentos. Nos propusimos, también, diseñar las partes ópticas, electrónicas y mecánicas para que fueran procesadas y ensambladas en los laboratorios y talleres del Instituto de Astronomía. Llegamos a una solución cuyo concepto de funcionamiento es sencillo, pero que requiere piezas mecánicas de precisión, circuitos electrónicos y detectores optoelectrónicos. Algunas de las componentes de este instrumento son piezas de importación que fueron seleccionadas de acuerdo a las necesidades y el carácter especial de esta aplicación. Se trata, principalmente, de partes mecánicas y optoelectrónicas que han sido integradas al concepto desarrollado por el equipo multidisciplinario que diseñó este guiador excéntrico. En otras palabras, en este trabajo también se realizó una labor de adaptación de componentes importadas, para obtener un resultado más conveniente, capaz de rastrear una imagen estelar con la que se llevará a cabo el guiado del telescopio.

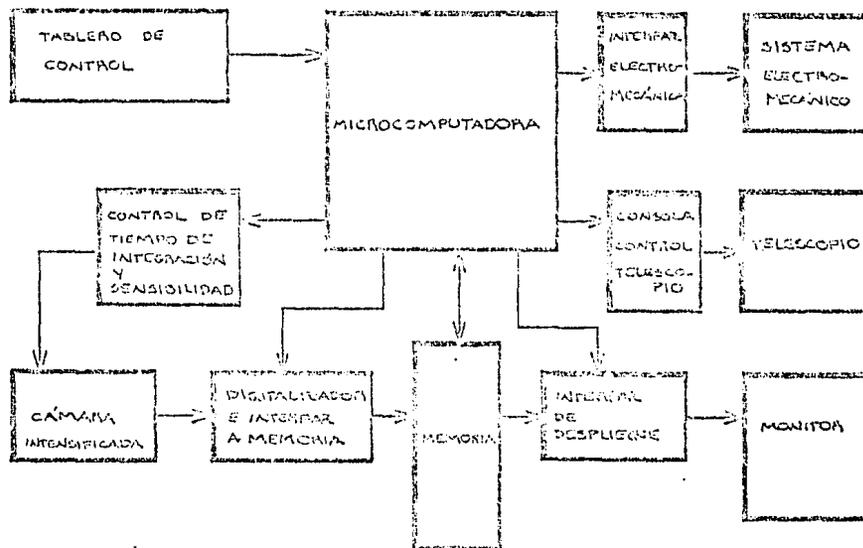
Generalmente, los errores en el rastreo pueden deberse a imperfecciones mecánicas del telescopio, tales como ajustes incorrectos de los ejes, o una montura inadecuada del telescopio en su eje, o cambios en las flexiones del telescopio en su montura. Otras causas, de origen externo al telescopio, son las perturbaciones en las imágenes, debidas a fenómenos atmosféricos, o los cambios en las coordenadas astronómicas del objeto, por movimientos peculiares de objetos astronómicos cercanos. En teoría, todos estos errores pueden ser determinados, calculados y corregidos por medio del programa de conducción del telescopio, pero en la práctica, lo habitual es guiar al telescopio mediante la observación de la imagen.

El método tradicional para hacer pequeñas correcciones en el guiado (descrito anteriormente), consiste en observar la estrella guía a través de un ocular con alidada (cruz al centro del visor) y manipular los botones de direccionamiento del telescopio.

En esta parte del trabajo, se explica el funcionamiento del instrumento para el guiado televisivo de telescopios, concebido y actualmente en desarrollo para el telescopio del Observatorio Astronómico Nacional.



Consiste en un sistema óptico, mecánico y electrónico que llevará la imagen de una fracción del campo del telescopio a un monitor de video, situado en una habitación separada del lugar donde está instalado el telescopio y donde el astrónomo manipulará las computadoras, la consola del telescopio y el guiador excéntrico.



Todo este instrumento de guiado irá contenido en un cilindro espaciador, directamente debajo del telescopio.

Recordemos que cuando se mencionaron las relaciones entre el guiador y el telescopio, se comentó la existencia de una platina giratoria cuyo movimiento no debía afectar el

funcionamiento del guiador. Para solucionar esto, se optó por desmontar todo ese mecanismo para situarlo por debajo del cilindro que contendrá al sistema de guiado. De este modo, la platina y el guiador tendrán movimientos independientes.

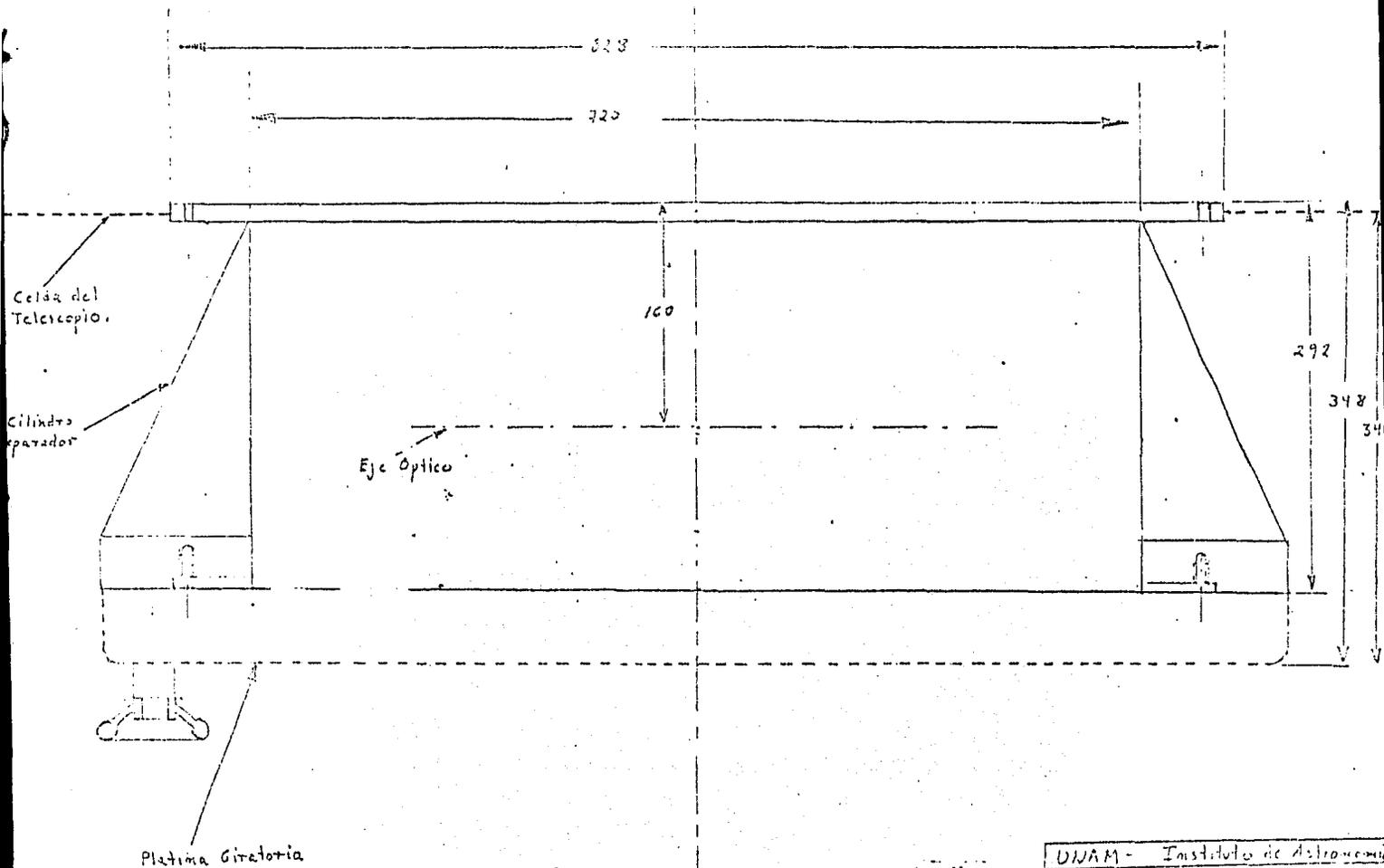
En el esquema adjunto se indica el lugar que ocuparán el cilindro separador y la platina giratoria.

El cilindro tendrá las dimensiones necesarias para que los instrumentos queden en su mejor posición óptica.

La mecánica se diseñó respetando los parámetros ópticos, de modo que el eje óptico del sistema quedará a una distancia de 336 mm a $f/7.5$ y 406 mm a $f/13.5$, respectivamente, del foco del telescopio y que su altura no excediera los 100 mm. Comparándolo con otros guiadores, se logra una reducción del 67% en la altura del aparato y haciéndolo compacto y ligero, se evita un desplazamiento considerable del centro de masa del telescopio.

El arreglo óptico está formado por un espejo móvil (espejo 1) que puede ser posicionado mecánicamente dentro del campo del telescopio, abarcando un recorrido de 180 x 180 mm, para adquirir una estrella apropiada para guiar.

Al centro del campo de reconocimiento se ha delimitado lo que se llamó "zona prohibida", a donde ni el espejo móvil, ni ninguna otra pieza deberían entrar durante el proceso de observación, ya que esta zona es una proyección de la abertura del instrumento, a la altura del espejo móvil. Es claro que si el astrónomo necesita ubicar el espejo móvil en la zona prohibida, puede hacerlo, a sabiendas de que ésto puede provocar un

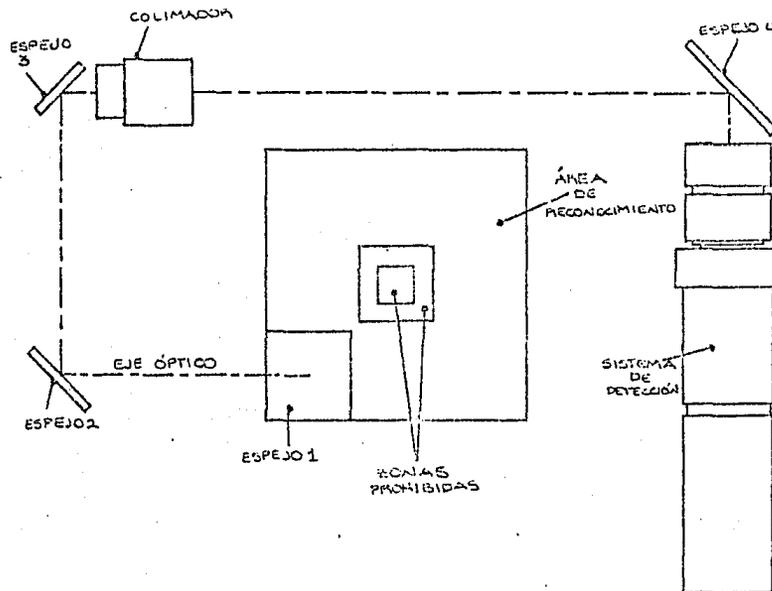


UNAM - Instituto de Astronomía		
Guardado Excentrico 03		
Cilindro de Separación (Cu eta)		
CFX01 - CUI	Aprob	
Inter D O	Dir	15 Feb 63
Asist. Inv.	S. Cuana	05 Feb 63
Asist. Inv.	Dir	
Esc 3:4		

vifietco, o la captación de radiación infrarroja.

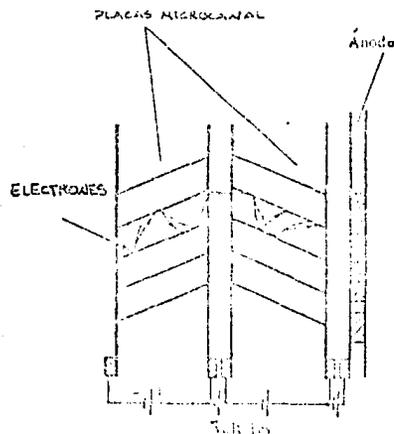
El tamaño de la zona prohibida dependerá de la razón focal utilizada. El espejo móvil puede ser retirado del área de reconocimiento cuando el caso así lo requiera.

Ahora bien, el espejo móvil está inclinado a 45 grados con respecto del eje óptico del telescopio, y la imagen captada por este espejo es, a su vez, reflejada por dos espejos más para llegar a un colimador convergente, que envíe los rayos paralelos a un cuarto espejo. A continuación, la luz entra al sistema de detección.



El funcionamiento del sistema de detección es el siguiente:

Cuando la luz llega al intensificador de imagen (detector fotoemisor), se generan electrones en el fotocátodo debido a la incidencia de fotones. El electrón es acelerado hacia la placa microcanal por el campo eléctrico establecido entre ellos.



La placa microcanal es un arreglo de pequeños cilindros recubiertos en su interior con una película fotoemisiva y constituye un dispositivo amplificador de muy bajo ruido y alta ganancia que garantiza del orden de 1 000 a 10 000 electrones a la salida por electrón incidente. Finalmente, este paquete de electrones es acelerado y enfocado hacia el ánodo, que es, en realidad, una pantalla fluorescente que produce alrededor de 20 fotones por cada electrón. De esta manera, el intensificador completo tiene una ganancia

total de 10 CCD aprox., suponiendo que la eficiencia cuántica del fotocátodo sea del 10% . Así se obtiene en la pantalla (ánodo) una réplica intensificada de la imagen proyectada sobre el fotocátodo del intensificador.

El problema ahora consiste en transportar la imagen hacia la zona sensible del CCD (detector fotoconductor) incluido en la cámara de estado sólido. Una manera consiste en proyectar la imagen producida en la pantalla por medio de elementos ópticos convergentes, lo cual es una solución barata, pero poco eficiente. Otra opción es acoplar directamente la imagen al CCD a través de fibras ópticas. Se ha optado por esta segunda solución debido a que la aplicación espacial de este aparato requiere mayor eficiencia. Otra razón por la que se eligieron las fibras ópticas, es que debido al campo eléctrico establecido entre fotocátodo y ánodo, es necesario dejar una distancia entre el intensificador y el CCD, para no perjudicar el funcionamiento del sistema. Esta distancia la proporcionan las mismas fibras ópticas.

(Ver el detalle correspondiente en los planos).

Una vez proyectada la imagen sobre el CCD, la imagen óptica se transforma en una imagen codificada en carga, que se almacena, transporta y lee.

Para propósitos de despliegue en un monitor, la señal de video es muestreada y cifrada en código binario para tener, posteriormente, un procesamiento digital de la misma. En este caso, el procesamiento digital significa el almacenamiento dinámico en dos o más bancos de memoria --cada imagen va a ocupar un banco--, operaciones aritméticas en

tiempo real entre ellos (los bancos) y una asignación arbitraria de calor.

Para aclarar esto, supongamos que tenemos dos bancos: la memoria A y la memoria B. En la memoria A se tienen las imágenes junto con, digamos, los defectos del CCD; en la memoria B tenemos solamente los defectos del CCD. Al realizar una sustracción de la memoria A, menos la memoria B, obtendremos la imagen adecuada.

En cuanto a la minimización de la corriente oscura, se puede optar por enfriar el sistema de detección completo (lo cual es sumamente complicado), o cancelar este efecto por métodos aritméticos digitales al final de todo el proceso. De nuevo se trata de una sustracción:

$$A = * + \text{luz de ciudad} + \text{luz parasita} + \text{corriente oscura}$$
$$B = \text{luz de ciudad} + \text{luz parasita} + \text{corriente oscura}$$
$$A - B = *$$

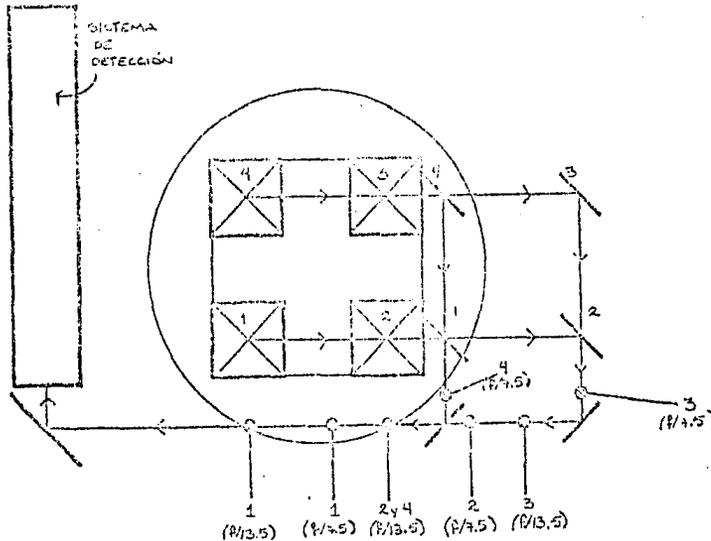
La imagen, finalmente, aparece en el monitor donde el astrónomo observa la fracción de campo del telescopio que está siendo interceptada por el espejo móvil, con la ventaja de que ahora podrá observar y guiar con objetos hasta de magnitud 15 ó 17.

La microcomputadora está, además, conectada a la consola de mando del telescopio, de modo que el movimiento de éste puede hacerse solidario al movimiento de la estrella guía y con esto, se logra que la radiación del objeto astronómico en estudio, llegue al instrumento.

Para seguir la ruta de la estrella, el espejo 1 o móvil está sujeto al desplazamiento de dos carros, uno que corresponde al eje "X" (carro 1) y otro que corresponde al eje "Y" (carro 2). El carro 1 se desplaza sobre el carro 2, pero pueden tener un movimiento simultáneo.

Ahora bien, el colimador está montado sobre un tercer carro, que lo sitúa a la distancia focal apropiada al número f/λ en uso, para mantener la imagen en foco.

Recordemos que la distancia focal a partir del espejo móvil, debe mantenerse constante con respecto del colimador. Cada vez que el espejo móvil sea desplazado sobre el área de reconocimiento, el colimador también debe desplazarse, siguiendo el plano focal.



Es importante hacer notar aquí, que las partes mecánicas involucradas no debían introducir deflexiones, "juegos", vibraciones, ni otro tipo de efectos que afectaran la imagen o que desviaran el eje óptico del sistema. Por éso, se calcularon las tolerancias con las que debían trabajar las partes y se dimensionaron de acuerdo a la resistencia del material. También se consideraron diversas posibilidades en la conversión del movimiento giratorio (de motores) a lineal (de los carros), para finalmente, elegir tornillos embulados cuyas respectivas tuercas, al desplazarse, provocarían el movimiento de los carros. Estos elementos presentan enormes ventajas mecánicas, una de las cuales es la precisión en el posicionamiento, debido a su diseño y a la insignificante tolerancia axial entre tuerca y tornillo ("backlash"). Estos elementos van acoplados a motores de pasos. También se utilizan barras-guía con baleros lineales.

Las carreras de las partes móviles están limitadas por microinterruptores para evitar colisiones entre ellas. Los interruptores están fijos a los soportes de las barras o a las cajas de acoplamiento con los motores.

El envío cuantificado de pulsos eléctricos hacia los motores de pasos, permite tener un control sobre el giro de los tornillos y, consecuentemente, sobre la posición de los carros, donde están situados los espejos 1, 2 y 3.

El espejo 4 va fijo al contenedor del guiador y envía la imagen hacia el sistema de detección (intensificador de imagen y cámara de estado sólido), que se coloca sobre una placa.

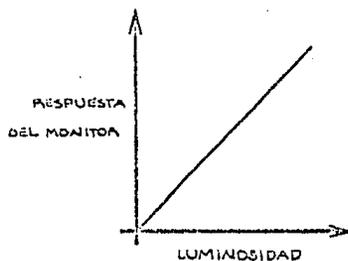
Como es lógico, las partes ópticas y mecánicas deben ofrecer la posibilidad de ser ajustadas o alineadas. Contemplando este aspecto, se diseñaron las monturas de los espejos, la sujeción de las barras, el acoplamiento de los motores y los soportes del sistema de detección.

En cuanto a los controles que habrá de manipular el usuario, se cuenta con el tablero de la microcomputadora, que será habilitada con programas interconstruidos para facilitar su uso y, además, se dispondrá de un bastón de mando ("joy stick").

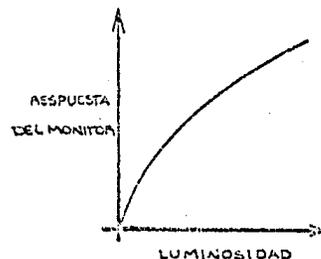
El astrónomo debe tener control sobre diferentes partes del sistema de guiado: el monitor, los espejos, el colimador, el sistema de detección, las memorias de la microcomputadora, la zona prohibida y, finalmente, sobre el telescopio.

Respuesta del monitor. - El astrónomo deberá elegir si el monitor responderá lineal o logarítmicamente. Cuando la respuesta del monitor es lineal, la variación relativa de la luminosidad disminuye cuando disminuye la magnitud de la estrella, para incrementos constantes en la luminosidad, lo que limita el intervalo dinámico y restringe al astrónomo a objetos comprendidos en un intervalo pequeño de luminosidad.

Cuando la respuesta es logarítmica, la variación relativa de la luminosidad es pequeña para altas magnitudes y aumenta para las estrellas más brillantes.



GRÁFICA DE RESPUESTA LINEAL DEL MONITOR



GRÁFICA DE RESPUESTA LOGARÍTMICA DEL MONITOR

Definir espejo secundario.- Un dato importante que se le tiene que proporcionar a la microcomputadora, es la razón focal con la que está trabajando el telescopio, ya que así se podrá indicar en el monitor cuál es el tamaño apropiado de zona prohibida para ese número f/l . El astrónomo podrá alterar esas dimensiones cuando lo considere necesario.

Bastón de mando; Selector de cursor/espejo; Memoriza coordenadas.- Cuando en el monitor aparece la imagen estelar, también se podrá ver un cursor que servirá para medir la diferencia entre dos posiciones de estrellas, mediante la memorización y diferenciación entre dichas posiciones. El cursor, al igual que el espejo móvil (o espejo 1) son

manipulados con el bascón de mando, de modo que debe existir un selector de cursor/espejo.

Restablecer posición. - Para dar una referencia a la posición del espejo, se definirá un origen de coordenadas (0,0) al cual se puede enviar el espejo mediante una orden dada a la computadora. Igualmente, se podrá posicionar el espejo al centro del campo.

Posiciones absolutas/diferenciales. - Las posiciones específicas del espejo (o del cursor) serán absolutas si se refieren al origen (coordenada (0,0)) y diferenciales si se refieren a las coordenadas de una posición anterior (ascensión recta, declinación).

Foco/Zoom. - Una vez que el espejo ha sido situado, el enfoque de la imagen se logra moviendo el carro del colimador. Por otro lado, es común que, al observar objetos extendidos, exista una zona de mayor interés; es por ésto que se ha considerado útil incluir una amplificación electrónica (zoom).

Sensibilidad manual/automática; Sensibilidad (de mínima a máxima); Restablecer alto voltaje. - En cuanto al control del sistema de detección, existirá la modalidad manual o automática de sensibilidad. En el primer modo, el usuario determinará la ganancia a la cual trabajará el sistema. En el modo automático, entrará en acción un circuito electrónico que protegerá al detector: si al mover el telescopio se captara la luz de una

estrella de baja magnitud, entonces la sensibilidad se llevaría, automáticamente, al mínimo o a cero. Señala una señal en el monitor para avisar que la sensibilidad se ha bajado al mínimo. Entonces se debe restablecer el alto voltaje, poniendo el control de sensibilidad al mínimo.

Fijar tiempo de integración.- Para captar flujos luminosos débiles, se debe aumentar el tiempo de integración del detector. Este tiempo puede variar desde $1/60$ de segundo hasta $1/6$ de segundo.

Memoria A/B; Borrar memoria; Operaciones entre memorias.- Como se explicó antes, es necesario utilizar dos o más bancos de memoria, realizar operaciones entre ellos y determinar el número de acumulaciones que se harán. Obviamente, es preciso tener la posibilidad de borrar la o las memorias.

Fijar estrella; Control de telescopio.- Sólo falta mencionar ahora la órden que sirve para "rastrear" el movimiento de la estrella guía y coordinar el seguimiento con el movimiento del telescopio.

DESCRIPCION DE LAS PARTES

A continuación se hace una relación de las diferentes partes que constituyen el instrumento para guiado, incluyendo también las componentes importadas.

Para facilitar la exposición, las componentes se presentan agrupadas en sistemas y referidas al número (indicado entre paréntesis) que las identifica en el enlistado de partes que aparece después de los planos. Se comienza con el sistema óptico, después el mecánico y, al último, se hace un breve resumen del sistema electrónico.

SISTEMA OPTICO.

El sistema óptico se diseñó respetando los requerimientos de los astrónomos en cuanto a que la imagen estelar ocupe un área máxima de 4 x 4 pixeles en el detector, independientemente de la razón focal utilizada. Para lograr que la escala de placa (recordemos que $x' = f\theta$) sea constante mientras la distancia focal varía, es necesario cambiar el colimador según el espejo secundario utilizado y trabajar con un objetivo adecuado en el detector.

Por otro lado, este diseño permite contrarrestar la aberración astigmática ya que el colimador se puede situar a la distancia adecuada para enfocar el círculo de mayor definición. Cuando la estrella se encuentra fuera de foco, la imagen estelar no es

puntual sino que forma una mancha. Esto ocurre en el telescopio Ritchey-Chretien, por la curvatura del campo; sin embargo, el tamaño de los pixeles en el detector es mayor que el diámetro de la mancha, de ahí que también pase inadvertido este tipo de aberración.

El tamaño mínimo de las piezas ópticas tiene que ser tal que sus diámetros no reduzcan el tamaño del cono de luz correspondiente a una imagen puntual. Es decir, no deben actuar como pupilas.

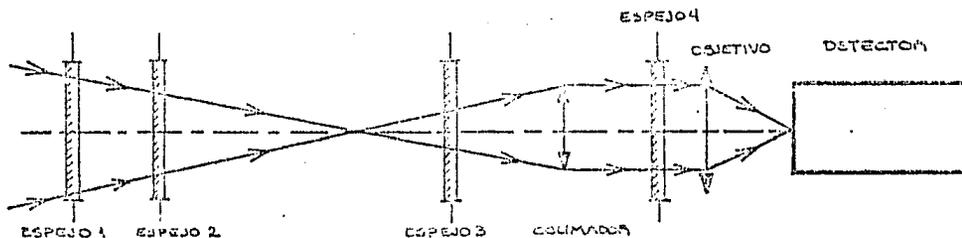
Los Espejos. - Los sistemas de espejos son, relativamente, fáciles de construir y tienen un comportamiento satisfactorio en un ancho intervalo de frecuencias, abarcando también el infrarrojo. Los espejos utilizados en los instrumentos astronómicos, se hacen mediante la deposición de capas de aluminio evaporadas al vacío, sobre sustratos finamente pulidos. Posteriormente, se les deposita una capa de material protector.

El sustrato que se utilizó para la fabricación de los espejos del guiador excéntrico, fue vidrio Shott BK7 de 6 mm de espesor, pulido con diferentes abrasivos hasta obtener una precisión de una longitud de onda. Esto significa que no deben existir sinusoides mayores a 0.5 micras, ya que la curvatura en los espejos los hace actuar como lentes convergentes o divergentes, acortando o alargando las distancias focales.

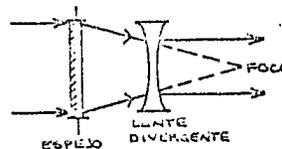
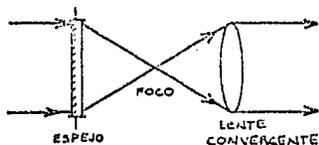
Después del pulido, se les depositó la capa de aluminio en la campana de aluminizado del taller del Instituto de Astronomía de la UNAM.

El tamaño del espejo 1 depende de la ubicación del guiador excéntrico y del área que

se desea interceptar (4' x 4'). Las dimensiones de los demás espejos están en función de este primero y de la razón focal del sistema. Así, el espejo 1 (O1) intercepta un área de 60 x 60 mm, siendo sus dimensiones 60 x 85 mm (está inclinado 45 grados); el espejo 2 (O2) debe tener un tamaño de 56 x 40 mm para interceptar un área de 40 x 40 mm. El espejo 3 (O3) mide 43 x 30 mm y el espejo 4 (O4), 85 x 60 mm. Este último espejo recibe un haz de luz colimado (de diámetro 22.5 mm máx.) y en sus dimensiones se contempló la posibilidad de que los rayos pudieran sufrir pequeñas desviaciones, dada la trayectoria del colimador.



El colimador (56).- Se trata de un arreglo de lentes que hace paralelos los rayos de luz incidentes. Puede ser convergente (si al recibir rayos divergentes, los hace paralelos) o divergente (si impide la convergencia de los rayos).



En nuestro caso, resultó más conveniente la utilización de un colimador convergente (56) con abertura $f/3.5$ y 135 mm como distancia focal.

En realidad, no es más que una lente de cámara que se utiliza al revés: una lente lo que hace es recibir rayos paralelos y hacerlos converger en un foco (donde se encuentra la película). Si nosotros invertimos el recorrido de los rayos, lo que obtenemos es un colimador.

Mantener constante la distancia entre el foco y el colimador es importante para que la imagen no se desenfoque.

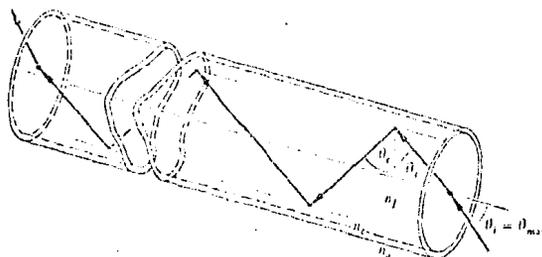
Si el secundario del telescopio se cambia, el colimador debe ajustarse a la nueva distancia focal; o si el espejo 1 es desplazado por el campo, el colimador debe situarse apropiadamente al foco. Es por ésto que el colimador debe tener un movimiento independiente de los demás carros, pero relacionado con ellos.

El haz de luz ya colimado entra en un sistema optoelectrónico de detección (81, 86, 88). El detector principal de este sistema es un CCD (dispositivo acoplado por cargas) que tiene un formato de barrido convencional de 525 líneas por cuadro, con 380 pixeles (cada uno de 22 x 22 micras) por línea y dos campos entrelazados a 40 hertz.

Con objeto de hipersensibilizar el sistema de detección, se ha acoplado un intensificador microcanal de segunda generación (81), que tiene un fotocátodo con respuesta extendida al rojo, para obtener una mayor cobertura espectral. La zona sensible del intensificador de imagen, es igual en la salida que en la entrada y mide 22 mm. En

cambio, la zona sensible del CCD mide 11 mm. Esto implica la necesidad de reducir la imagen y, para ésto, se puso especial cuidado en escoger el haz de fibras que realizara el transporte y reducción geométrica necesarios.

Estas fibras son filamentos dieléctricos transparentes de vidrio, con diámetros muy pequeños (del orden de 5 micras) que transportan la luz de un punto a otro del espacio, mediante la reflexión en su interior de los rayos incidentes.



Rayos de una fibra óptica recubierta.

Las fibras son unidas, unas a otras, con resina epoxy y cuando son dispuestas de modo que sus extremos terminales ocupan la misma posición relativa que en el otro extremo del conjunto, se dice que el conjunto es coherente y es capaz de transmitir imágenes.

Aunque su principal función es, simplemente, conducir la luz de un lugar a otro, también se pueden utilizar para amplificar o reducir el tamaño de una imagen, dependiendo de si la luz entra por el extremo mayor o menor del haz de fibras.

Para el guiador excéntrico se utilizará un haz de fibras ópticas con reducción 1:2

(36) que llevará la imagen del intensificador hacia la cámara CCD.

Como el tamaño del pixel en el fotocátodo del intensificador es de 44 x 44 micras, las piezas mecánicas no deben presentar flexiones, desajustes, ni ninguna otra distorsión mayor que el tamaño de medio pixel (20 micras).

SISTEMA MECANICO.

Una de las dificultades en el diseño del sistema mecánico fue definir y disponer cada una de las piezas para que todo el conjunto no excediera la altura límite para el eje óptico de 100 mm, ni que ocupara un área mayor de 700 mm de diámetro, que es la dimensión apropiada a las medidas de la celda y la platina.

Con este sistema, se transforman en movimiento las señales ya traducidas por la interfaz electromecánica. Su función es llevar al espejo móvil por el área de rastreo y transportar, así mismo, a los demás elementos ópticos que requieren conservar determinada posición con respecto al espejo móvil, para una correcta captación de las imágenes.

Para lograr ésto, se han dispuesto carros, motores, tornillos y tuercas embalados, barras y baleros lineales, elementos para alineación, partes para soporte y sujeción, y otros.

Los carros 1, 2 y del colimador. - El carro 2 (37) es, básicamente, una plataforma de 354.5

x 75.5 mm, impulsada por un tornillo embalado. Esta plataforma trasladada tanto al carro 1 (15) y su mecanismo de conducción, como al espejo 2 (08). El espejo 3 (24) se encuentra fijo a este carro 2.

Tanto el tornillo embalado del carro 1, como el del carro 2, proporcionan un movimiento lineal de 2.54 mm por revolución y son accionados por un motor de pasos.

Para soportar el peso de los carros, cada uno cuenta con un par de barras sobre las cuales se desliza.

El carro 1 (15), que proporciona el movimiento en X, puede posicionar al espejo móvil (01) en un intervalo de excentricidad de ± 90 mm aprox., para tener un intervalo total de 180 mm (71 revoluciones del tornillo).

Al carro 1 va sujeto el espejo móvil, por medio de unas regletas de acero (04) cuyo espesor no excede el milímetro, para no intervenir ópticamente en el funcionamiento del guiador. Se calculó que estas regletas debían tener un ancho de una pulgada para soportar el peso del espejo 1 con su montura, a una distancia de 200 mm máx., sin introducir flexiones mayores de 20 micras. El carro 1, además, traslada al espejo 2 y aloja en su interior a la tuerca embalada (20) que se desliza en el tornillo (21), y a los baleros lineales (16) que se deslizan sobre las barras guía (23).

El movimiento en Y del carro 2 (37) puede desplazar al espejo móvil en un intervalo total de excentricidad de 120 mm (47 revoluciones del tornillo).

El carro 2 se desplaza del mismo modo que el carro 1 y con elementos similares, pero

por su longitud, mantiene las piezas aseguradas, de modo que la tuerca va alojada en una caja (47) al centro del carro y los baleros lineales ocupan 2 cajas. Una de estas cajas (50) lleva baleros lineales cerrados (16) y la otra, baleros lineales cerrados y abiertos (39) ya que se desliza sobre una barra guía (43) que va montada en un riel (44).

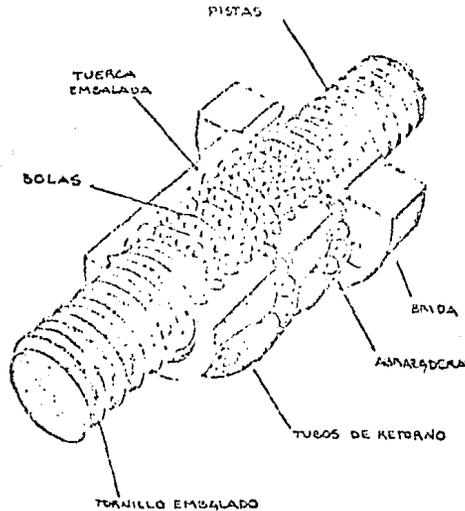
(Ver planos).

En el carro 2 se encuentran varias ranuras cuya finalidad es permitir el ajuste en el paralelismo de las barras guía que soportan al carro 1.

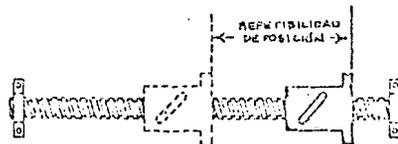
El carro del colimador (40) también lleva una tuerca (62) y tres baleros lineales, uno cerrado (16) y dos abiertos (39), para deslizarse sobre el riel (44). A este carro va fijo el soporte del colimador y tiene un intervalo de movimiento de 320 mm aprox., que equivale a 126 revoluciones del tornillo.

Tornillos y tuercas embalsados. - Son tornillos de acero inoxidable que se desplazan sobre rodamientos de bolas. La rosca del tornillo es, de hecho, una pista; la tuerca consiste en series de bolas que circulan en pistas similares a las del tornillo y que al llegar al extremo de la tuerca, son devueltas al extremo opuesto por tubos de retorno.

Las bolas constituyen el único contacto físico entre tuerca y tornillo, reemplazando la fricción por un movimiento de rodamiento libre.



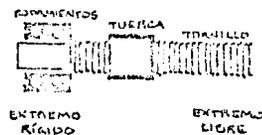
Por su diseño, presentan varias ventajas: el juego axial entre tuerca y tornillo ("backlash") es despreciable: 0.002 pulgadas máximo. Los sistemas de tornillos embalados son capaces de regresar a posiciones predeterminadas sin necesidad de usar interruptores ni implementos de medida lineal.



Los tornillos son girados por la acción de un motor de pasos. Existe una relación entre cantidad de pulsos del motor y longitud del tornillo, de modo que con un programa de computación, se pueda controlar la posición de los carros.

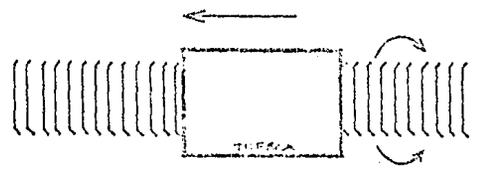
El guiador utiliza tres tornillos embalados (21, 49 y 63) de 235 mm, 162 mm y 330 mm de longitud, respectivamente. Los tres tienen un diámetro de 5/16" y dan 10 revoluciones por pulgada. Es decir, tienen un avance de 2.54 mm por revolución.

Uno de los extremos de cada tornillo se soporta con un par de rodamientos (68) espaciados para aumentar la rigidez. El otro extremo es libre para permitir el "cabecero" del tornillo sin afectar el paralelismo de las barras.



La función principal de los tornillos embalados, en este caso, es convertir la rotación en un movimiento lineal: el tornillo gira y la tuerca (62, 48, 20) viaja a lo largo del tornillo.

EL GIRO DEL TORNILLO OCASIONA EL DESPLAZAMIENTO DE LA TUERCA



Motores (64). - Los carros 1, 2 y del colimador, utilizan motores idénticos acoplados a los tornillos por un coque de nylon (65) que tiene la suficiente flexibilidad como para permitir cierta excentricidad entre tornillo y motor.

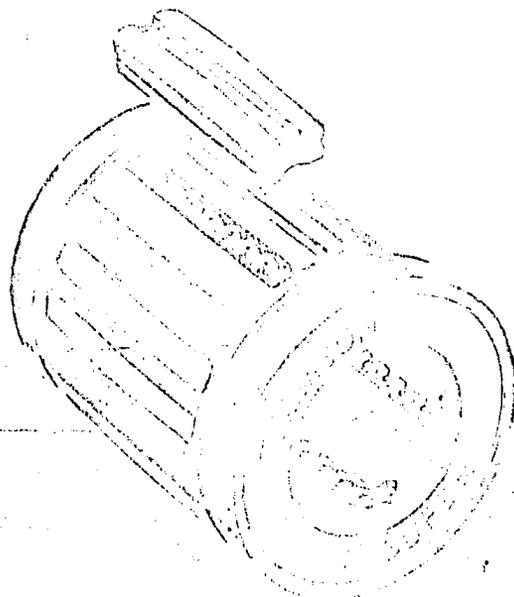
Los motores dan 200 pasos por revolución, es decir, en cada pulso, se tiene un giro de 1.8 grados. Dado que el avance de los tornillos es de 2.54 mm por revolución, un pulso del motor representa un movimiento en el carro de 12.7 micras.

El promedio máximo de pulsos que se ha logrado enviar al motor es de 1 000 pulsos por segundo lo que significa una velocidad angular máxima de 5 rev/seg. A esta velocidad, el carro recorrería 120 milímetros en 10 segundos. Esta longitud corresponde al desplazamiento del espajo móvil sobre uno de los dos ejes, X o Y, del área de reconocimiento.

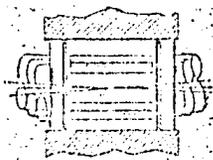
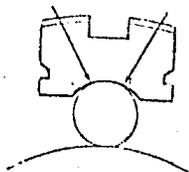
Baleros lineales (16, 37). - Los principales problemas que presentan los baleros lineales, son la fricción, la vibración, el desgaste, la pérdida de alineamiento, la lubricación y el mantenimiento. Sin embargo, éstos se pueden eliminar o minimizar mediante el uso de rodamientos de bolas.

Los baleros que se eligieron, utilizan el principio de recirculación de bolas para lograr un movimiento lineal sin fricción. Los principales ventajas que ofrecen son: autoalineación, una operación más uniforme y capacidad de carga tres veces mayor que la que ofrecen los baleros que utilizan sistemas de desplazamiento en lugar de rodamiento.

La capacidad de autoalineación que poseen estos baleros, se debe a las costillas metálicas, redondeadas, que tiene incrustadas en su periferia, exactamente arriba de los circuitos de bolas.



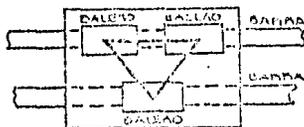
Al entrar el balero en su alojamiento, estas costillas ejercen una fuerza hacia las paredes del ba:reno y hacia las bolas circulantes del balero, ajustándose así a la barra.



Los alojamientos de los baleros lineales cerrados, se hacen barrenando el diámetro (3/8") con brocas y después con rimas ajustables, para garantizar un barrenado exacto y un buen acoplamiento.

Los baleros abiertos de 1/2" de diámetro (39) se utilizan cuando la barra va soportada en un riel. En este caso, el alojamiento de los baleros debe permitir cierto ajuste para que el balero funcione correctamente. Este ajuste lo proporcionan los tornillos (41) colocados en la caja de baleros (38) del carro 2 y en el carro del colimador (60). Además, es preciso utilizar unos tornillos de retención (40) para mantener al balero en su posición, evitando que gire alrededor de la barra.

La disposición de los baleros en los carros, es triangulada, para evitar problemas de paralelismo entre las barras, que pudieran resultar en un mal funcionamiento en el transporte de los carros.



Los soportes (27, 28, 31, 32, 33) diseñados para las barras guía, permiten rectificar el paralelismo entre ellas. El modo de realizar el alineamiento es el siguiente: los tornillos y tuercas embalados tienen un 90% de eficiencia al convertir el giro en movimiento lineal. Debido a esta propiedad, es posible invertir la secuencia en la unidad, aplicando una fuerza axial a la tuerca que resulta en un giro del tornillo. De

este modo, corriendo el carro de un extremo a otro del tornillo, se determina la distancia entre las barras y se rectifica su paralelismo mediante el ajuste de los soportes de dichas barras.

SISTEMA ELECTRONICO.

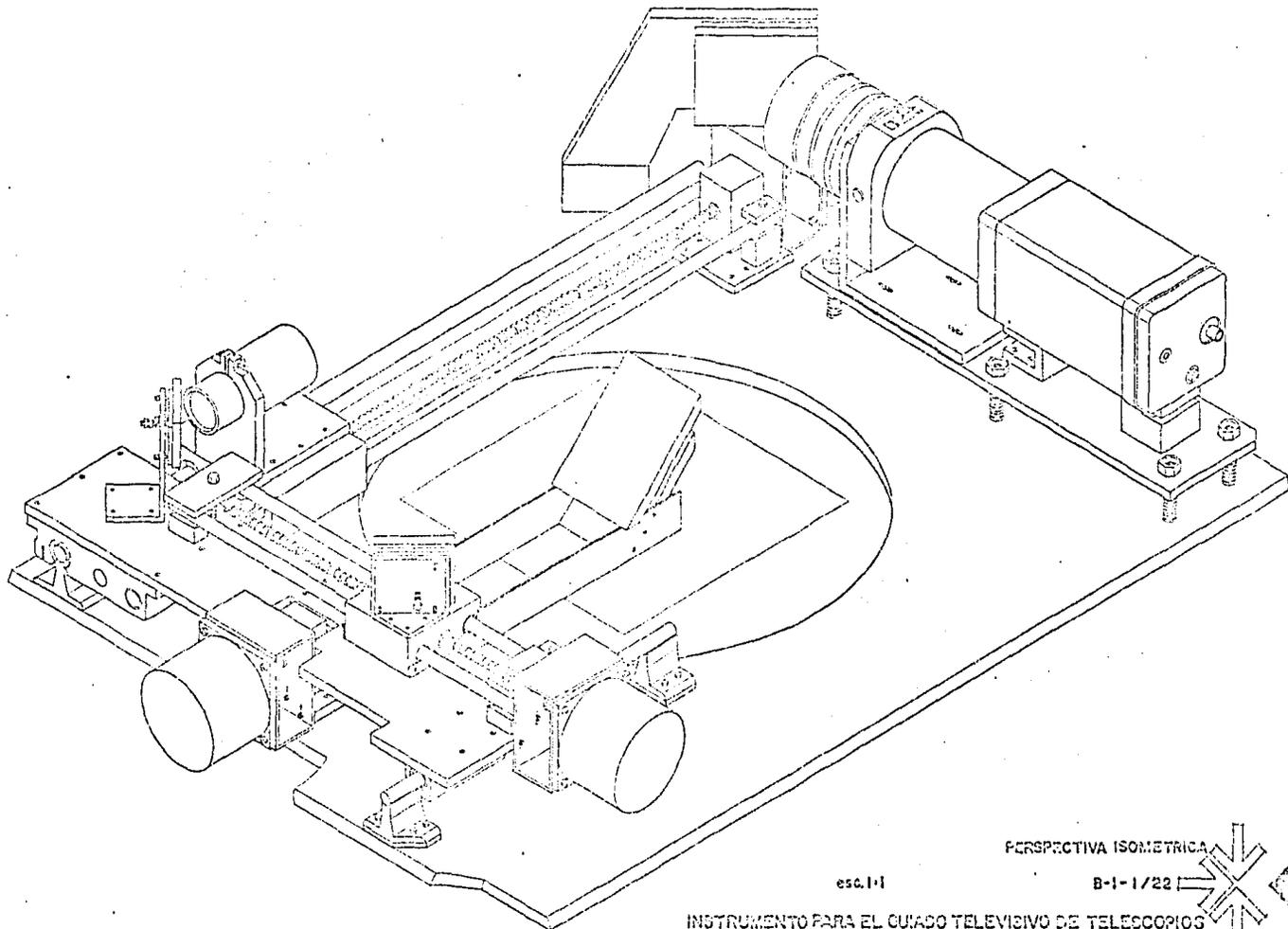
El sistema electrónico contiene 5 tabletas de circuito impreso, montadas sobre una tarjeta madre con su fuente de alimentación,

La primer tarjeta incluye los circuitos que definen la microcomputadora principal, que gobierna todas las funciones del sistema. Contiene un microprocesador, memoria y puertos para intercambio de información al exterior. Entre sus circuitos se encuentra grabado el programa operativo.

Las dos tarjetas siguientes conforman los bancos de memoria, capaces de almacenar, cada uno, un cuadro imagen.

La cuarta tarjeta es un circuito interfaz, entre la microcomputadora y los motores. Aquí también se encuentran los circuitos receptores de las imágenes generadas en el tablero de control.

La última tarjeta es, también, una interfaz capaz de controlar los parámetros del detector, las funciones aritméticas entre los bancos de memoria y el despliegue (asignación de colores en función de la intensidad de la señal) de la imagen adquirida.



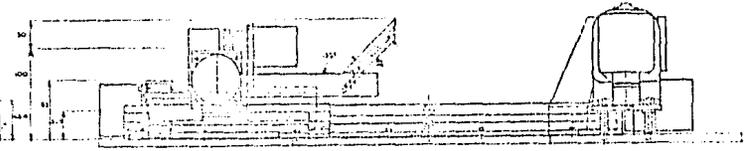
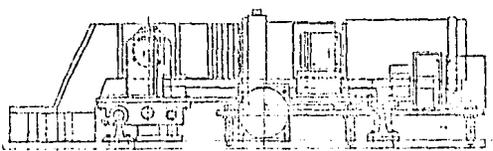
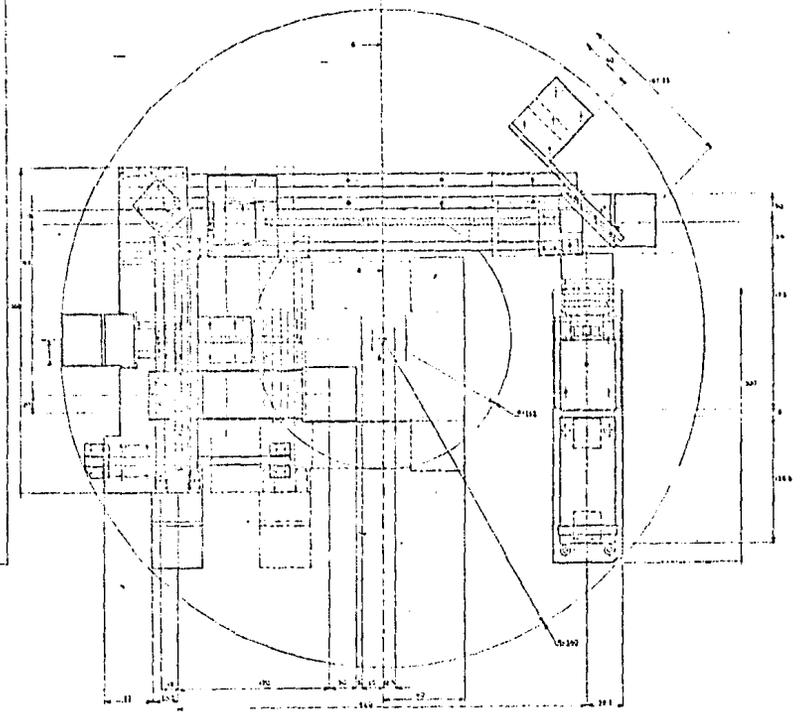
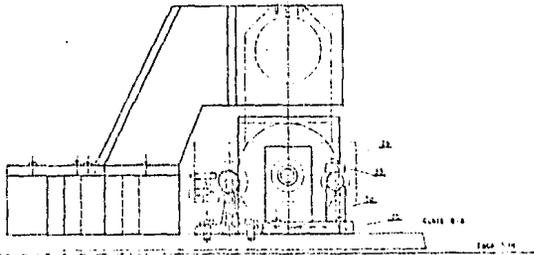
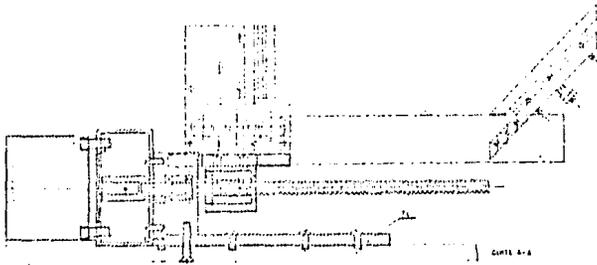
esc. 1:1

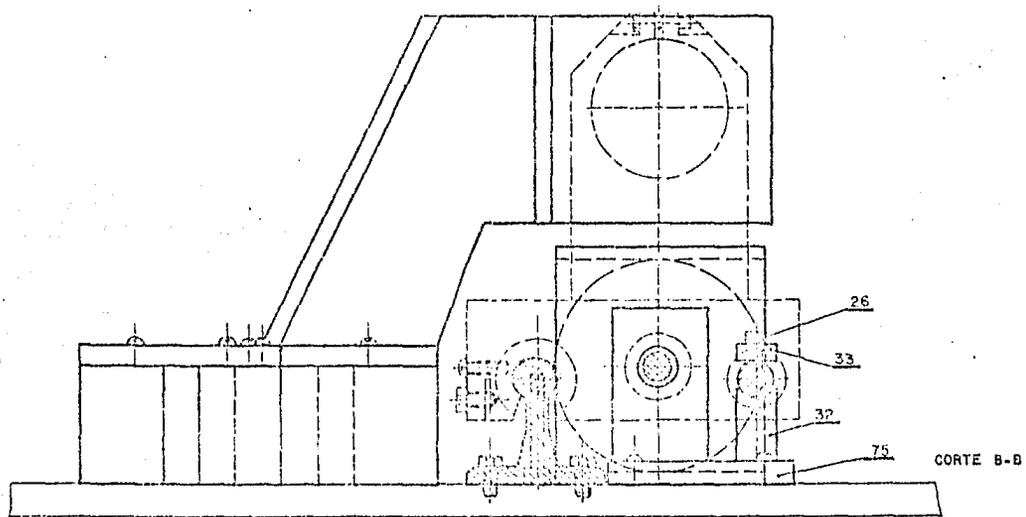
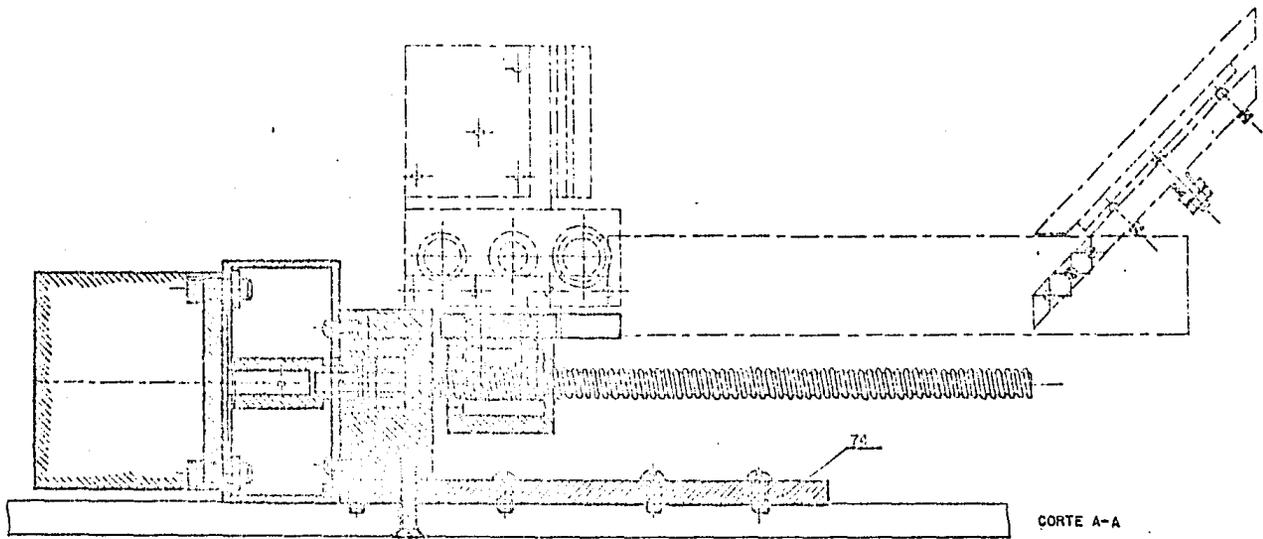
PERSPECTIVA ISOMETRICA

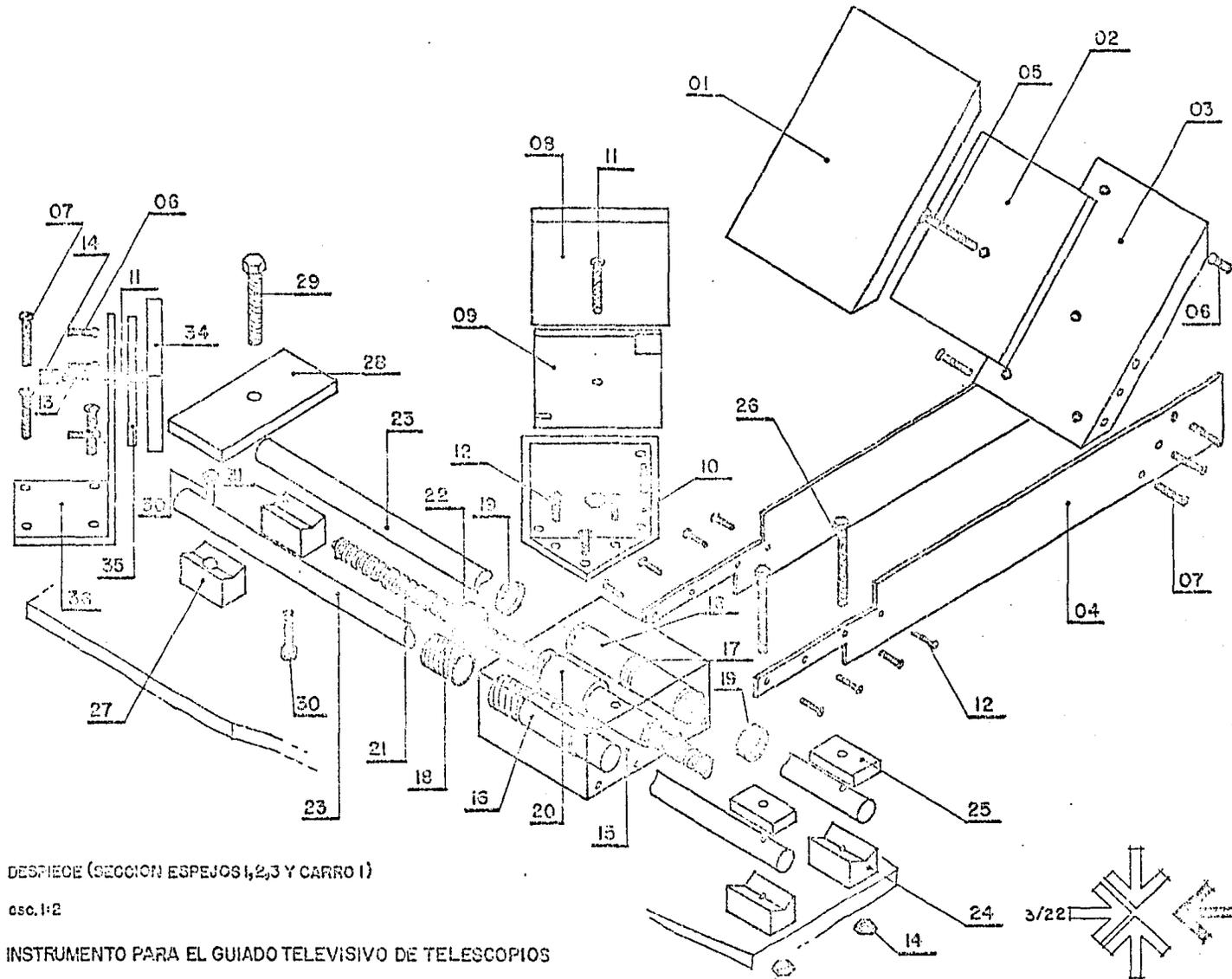
B-1-1/22

INSTRUMENTO PARA EL CUIDADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS





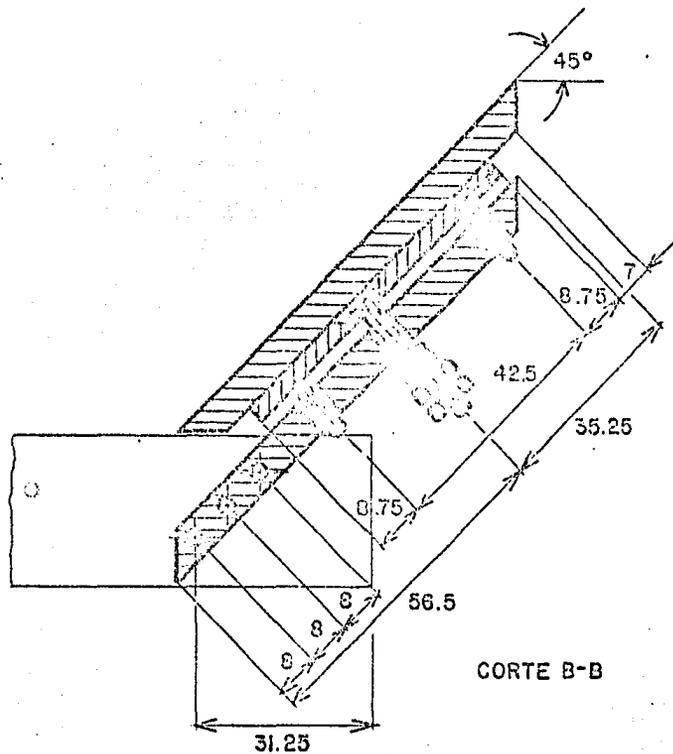
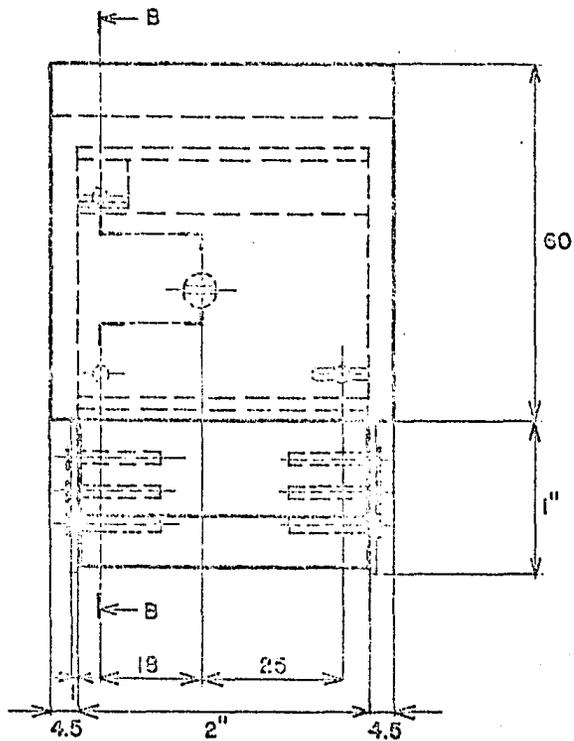




DESPIECE (SECCION ESPEJOS 1,2,3 Y CARRO 1)

esc. 1:2

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS

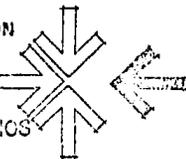


ESPEJOI, MONTURA Y SISTEMA DE ALINEACION

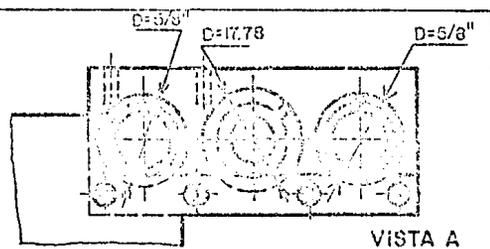
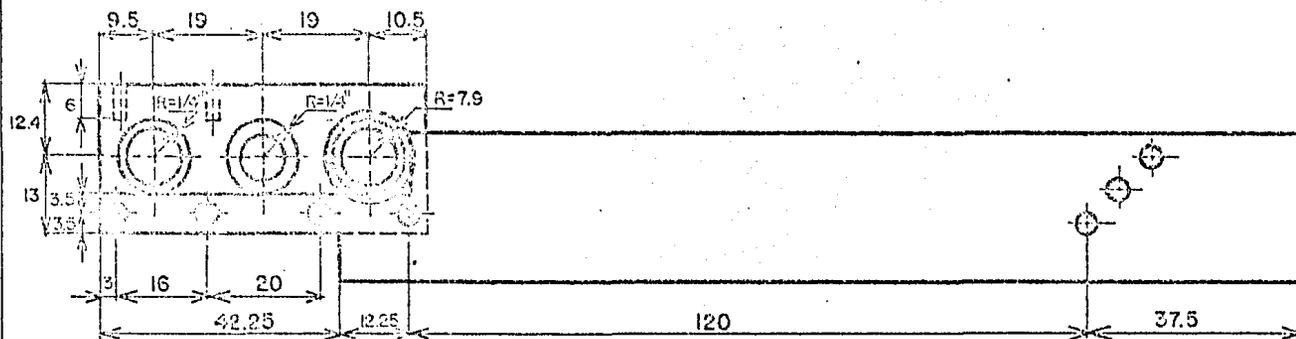
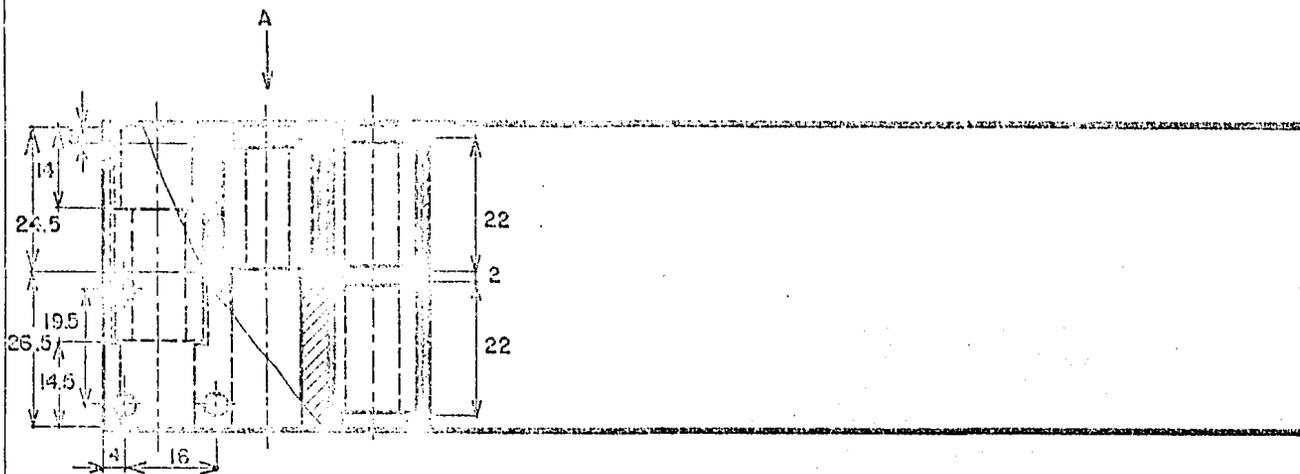
cotas en mm. esp. H



4/22



INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



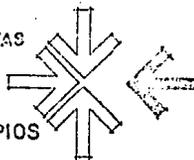
VISTA A

cotas en mm. esc. 1:1

CARRO I Y RECLEYAS

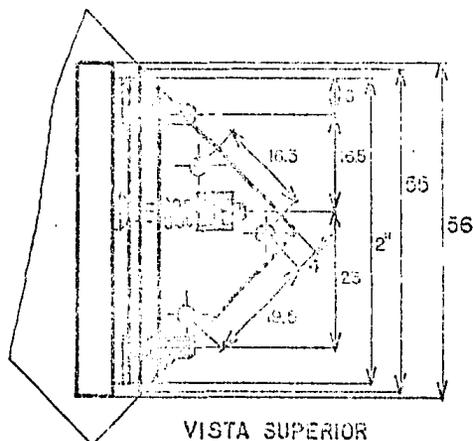
5/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS

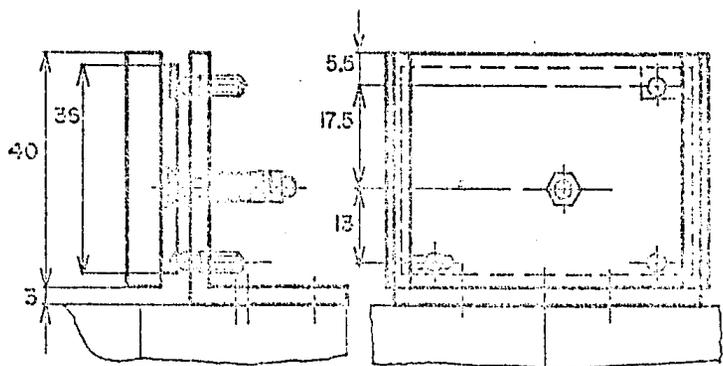


ESPEJO 2

ESPEJO 3

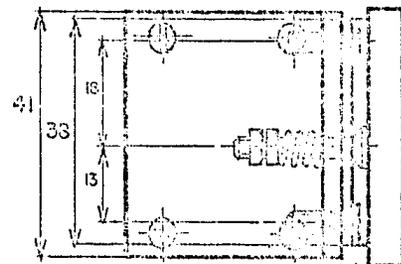


VISTA SUPERIOR

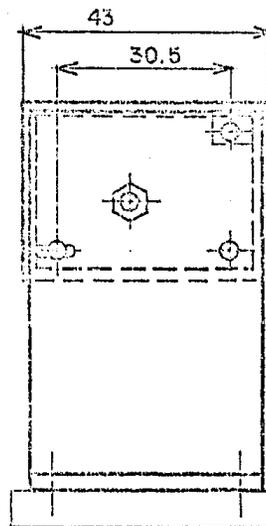


VISTA LATERAL

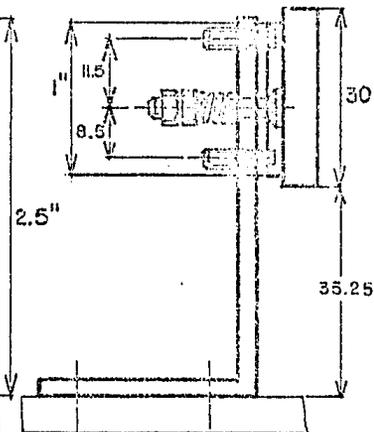
VISTA POSTERIOR



VISTA SUPERIOR



VISTA POSTERIOR



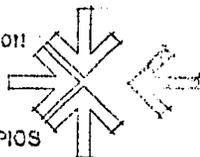
VISTA LATERAL

ESPEJOS 2 Y 3, MONTURA Y SISTEMA DE ALINEACION

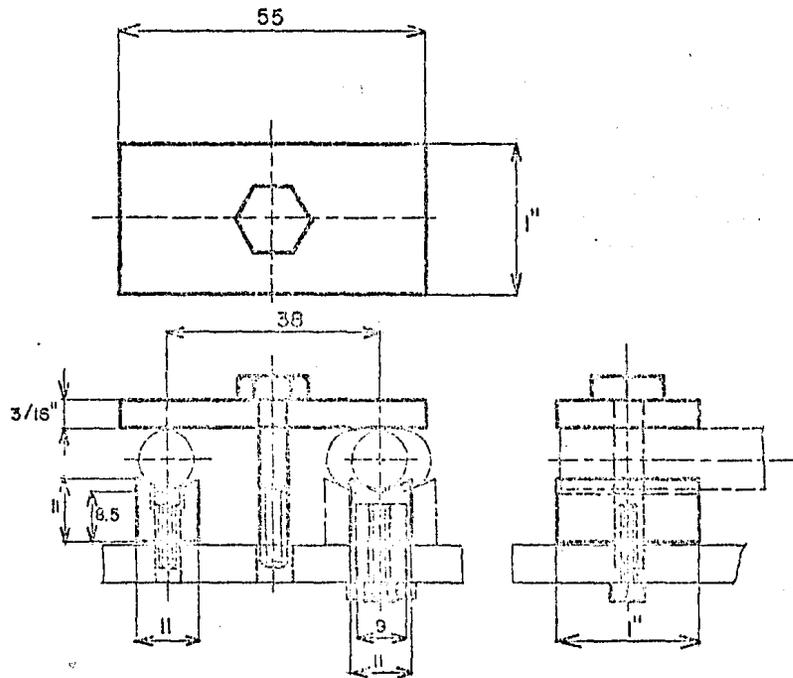
cotas en mm. esc. 1:1



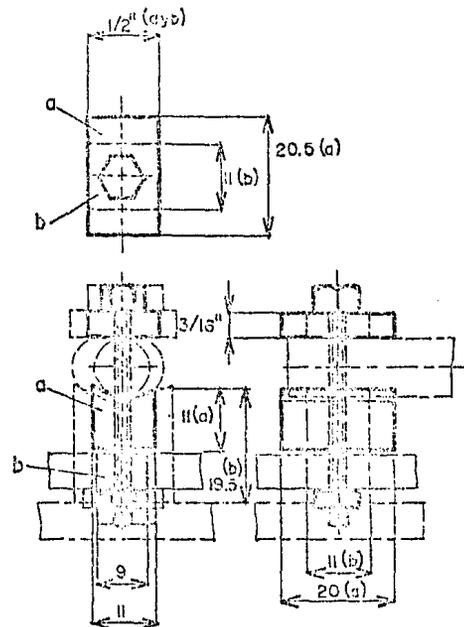
G/22



INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



VARIANTE c



VARIANTES a Y b

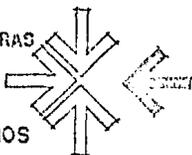
SUJECION Y SOPORTE PARA ALINEACION DE BARRAS

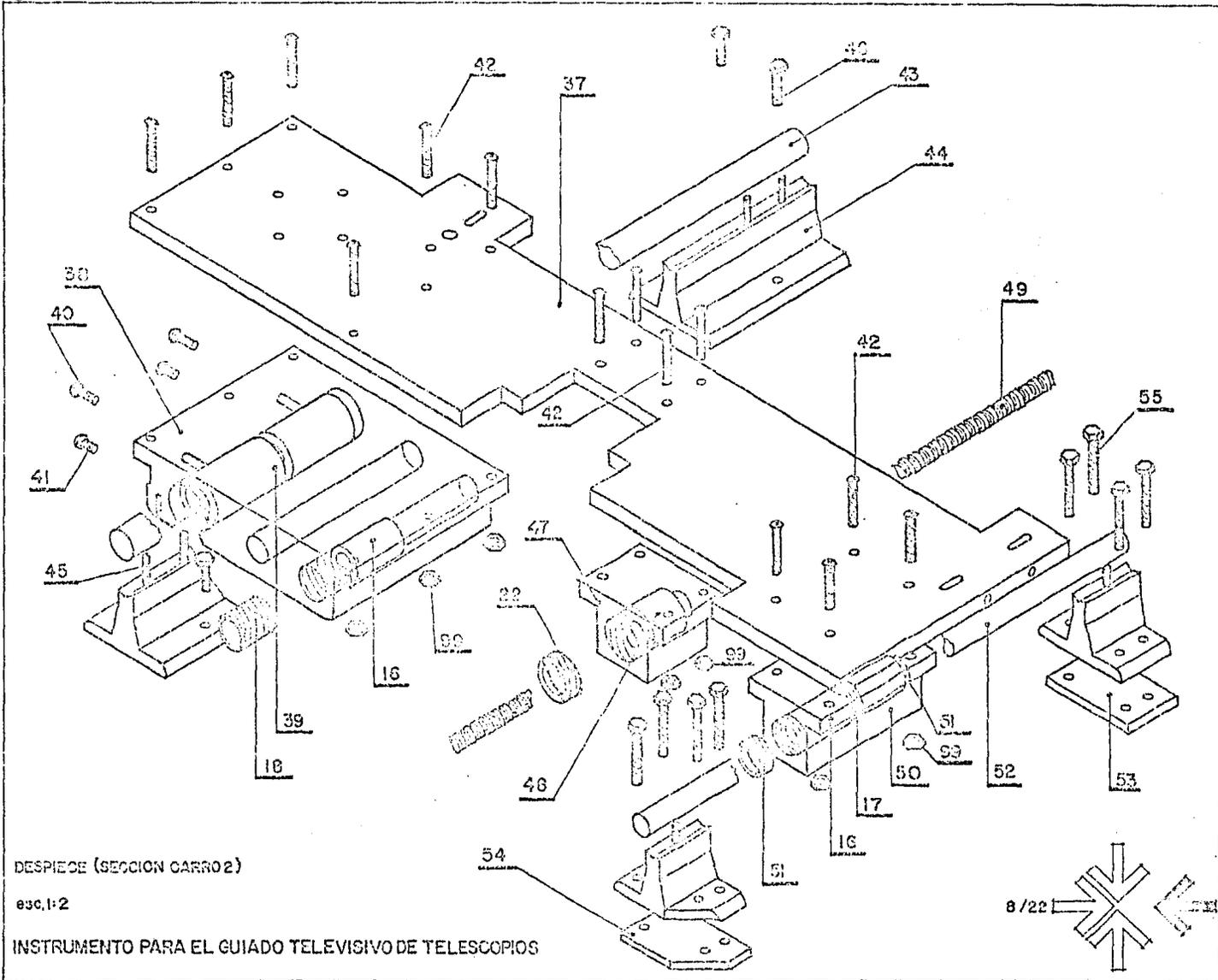
cotas en mm. 250.HI



7/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS

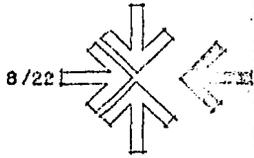


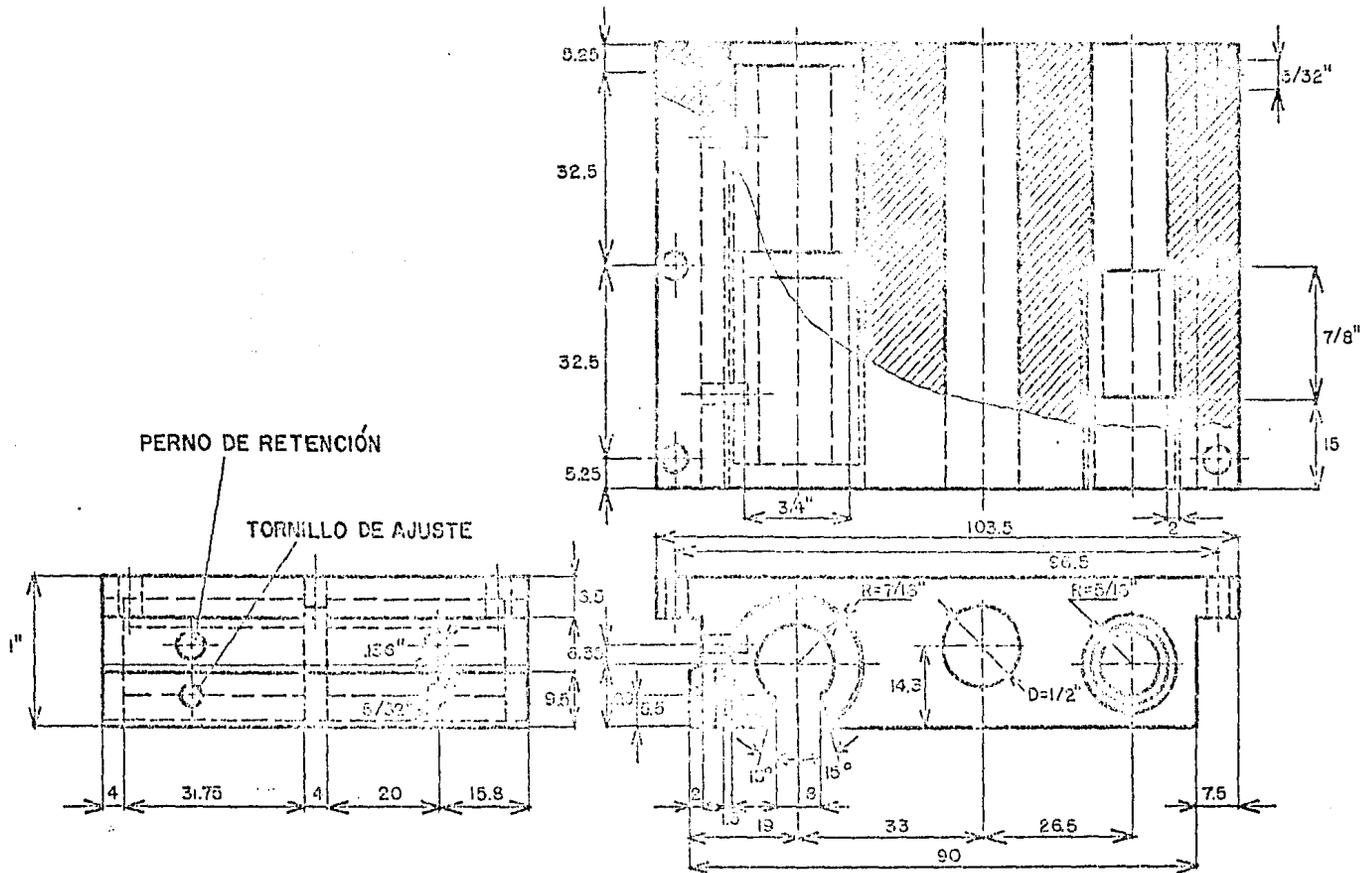


DESPIECE (SECCION CARRO 2)

esc. 1:2

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



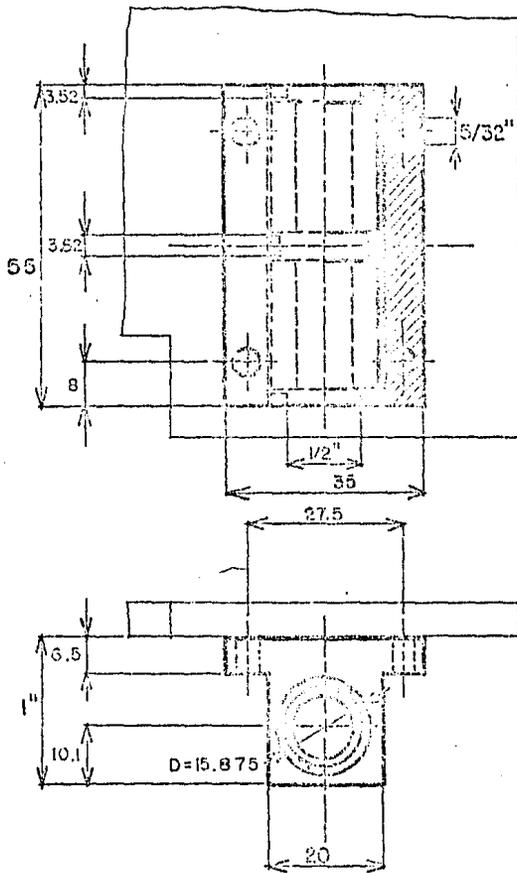


CAJA DE BALEROS LINEALES DEL CARRO 2

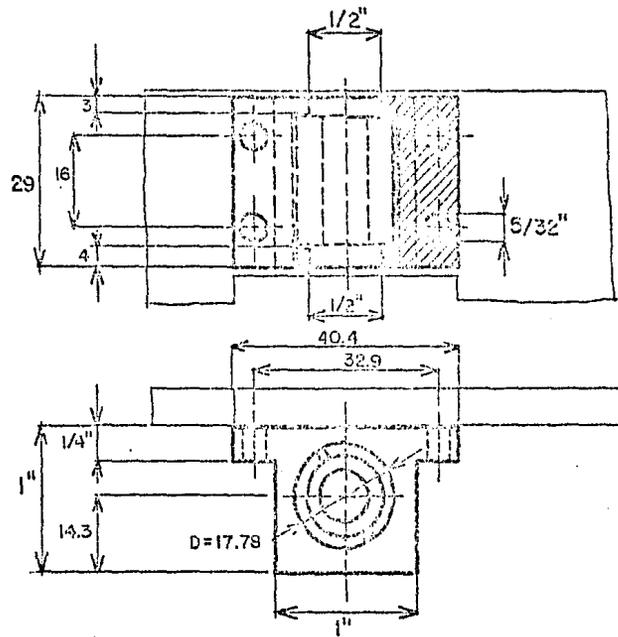
cotas en mm. 330.1:1

10/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



CAJA DE BALEROS LINEALES



CAJA DE TUERCA

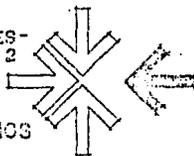
CAJA DE TUERCA Y CAJA DE BALEROS LINEALES -
CARRO 2

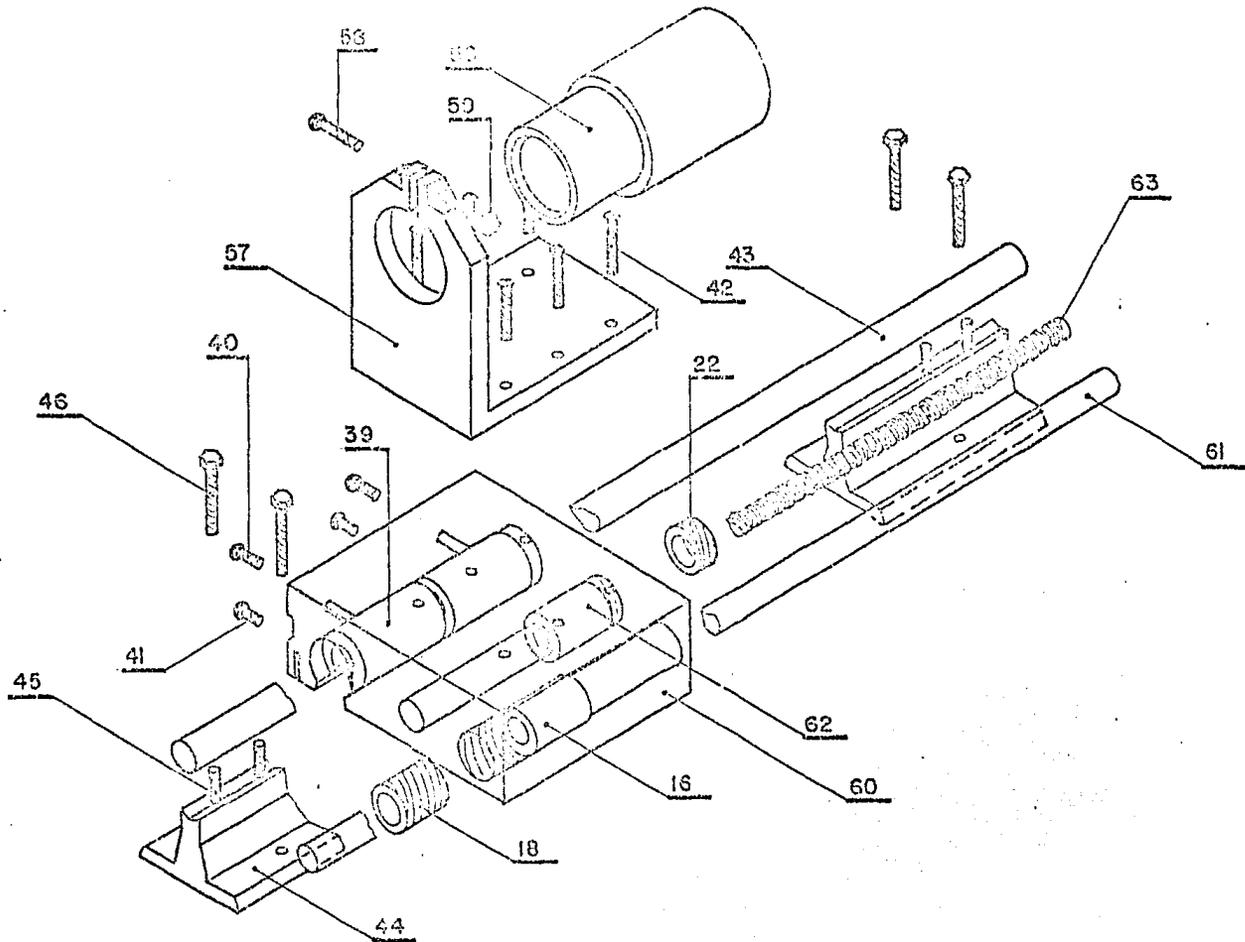
cotas en mm. esc. 1:1



11/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



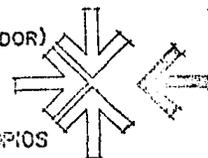


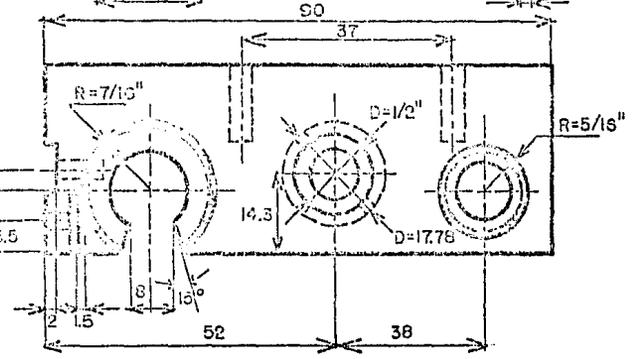
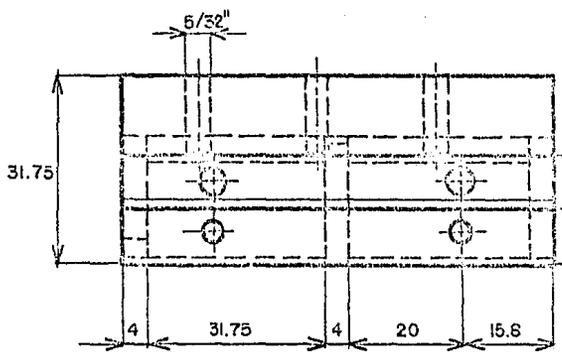
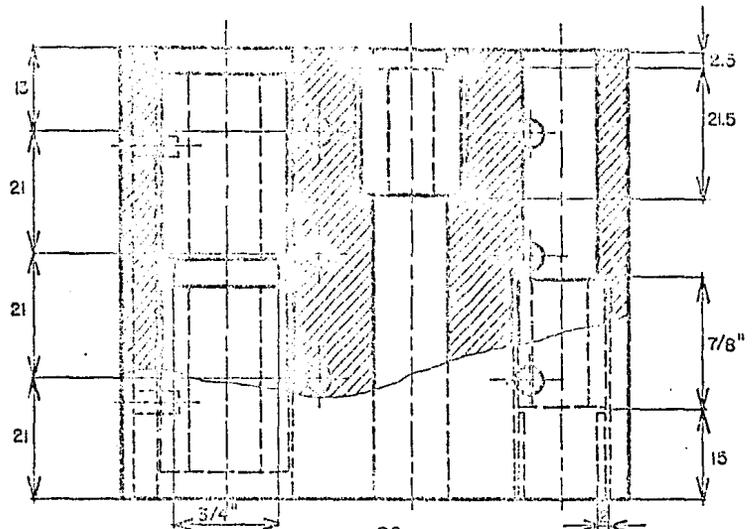
DESPIECE (SECCION COLIMADOR)

esc. 1/2

12/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



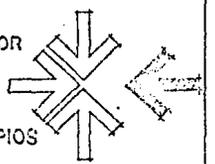


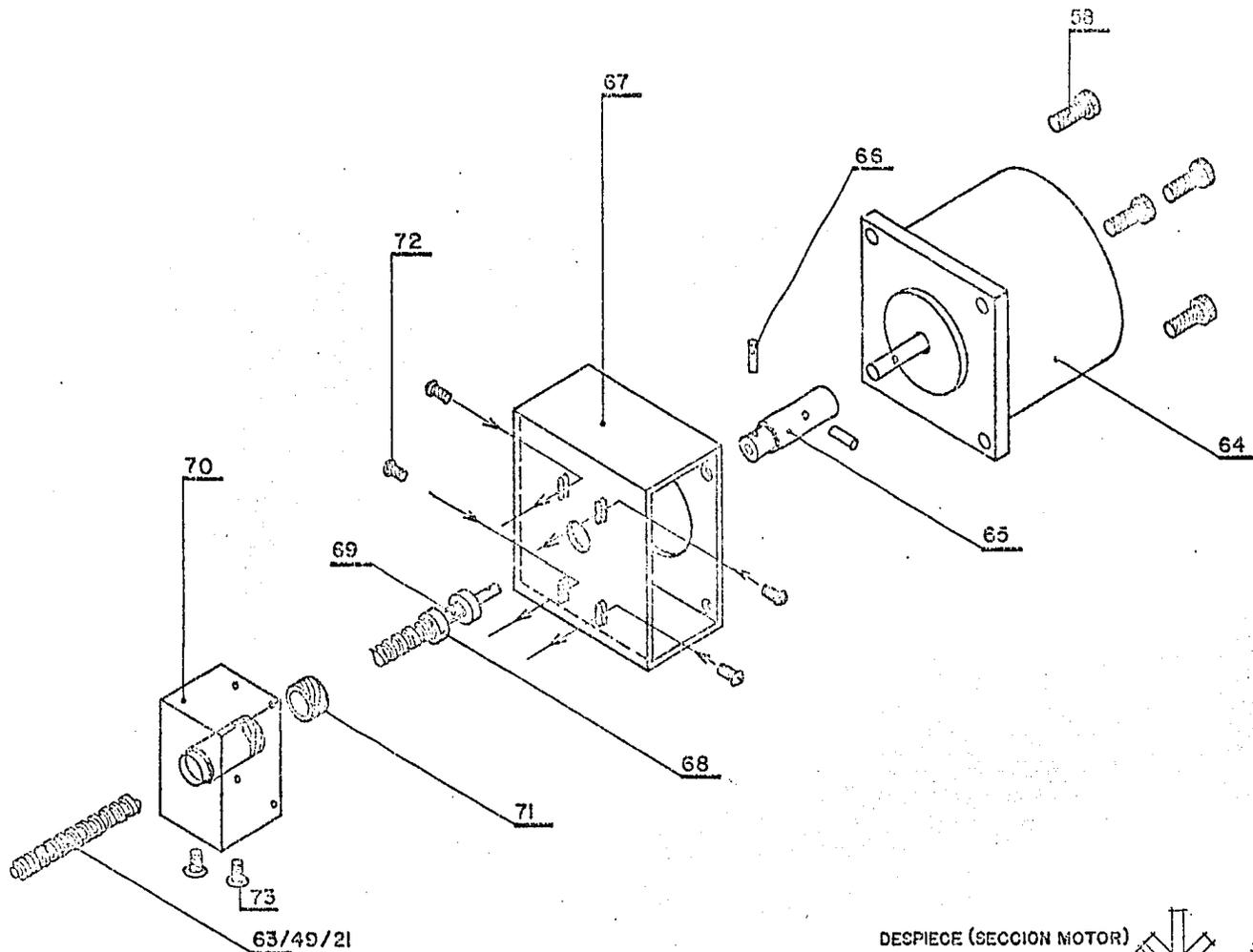
CARRO DEL COLIMADOR

cotas en mm. esc. 1:1

13/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS





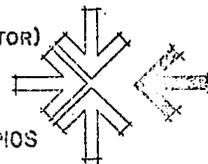
63/49/21

DESPIECE (SECCION MOTOR)

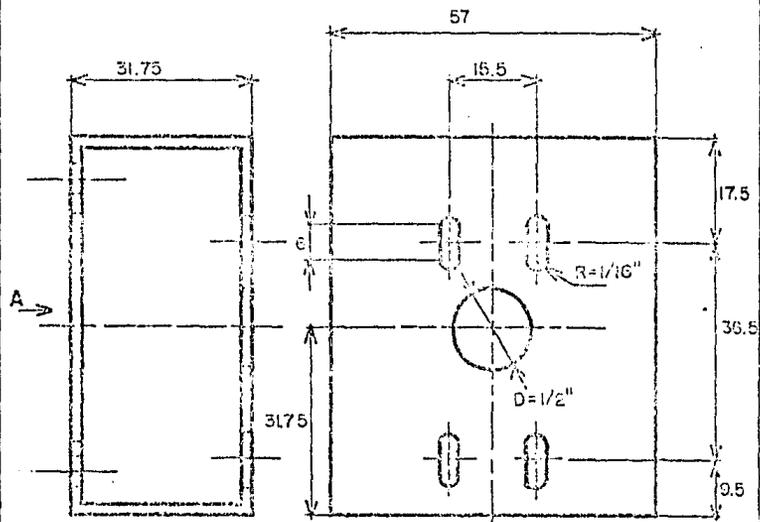
esc. 1:2

14/22

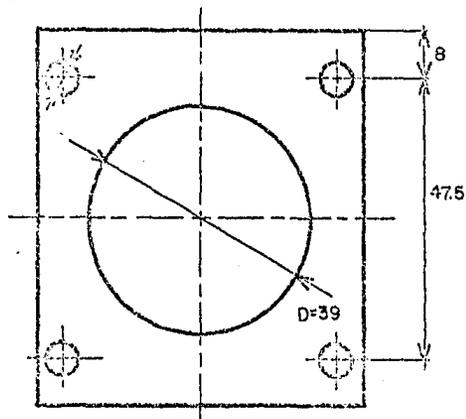
INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



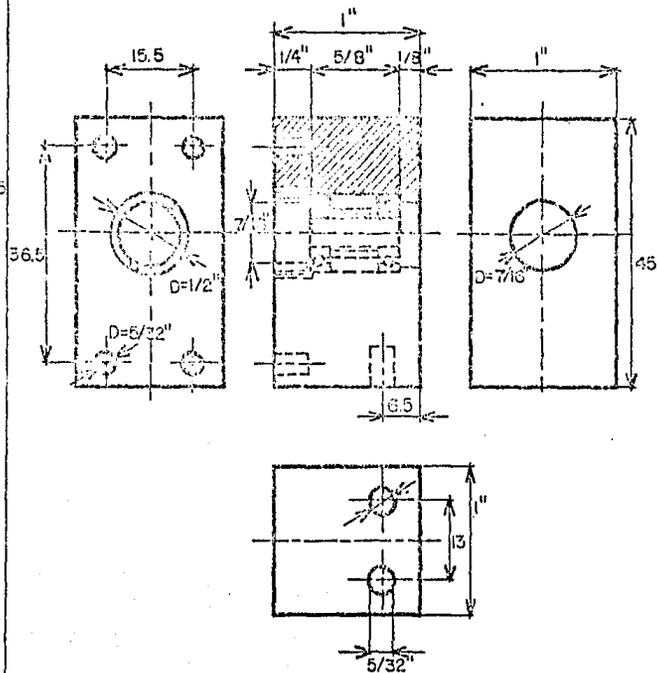
CAJA DE ACOPLAMIENTO DE MOTOR-TORNILLO ENMALLADO



VISTA A



CAJA DE BALEROS PARA TORNILLO ENMALLADO

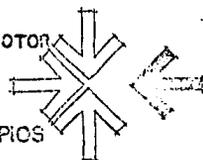


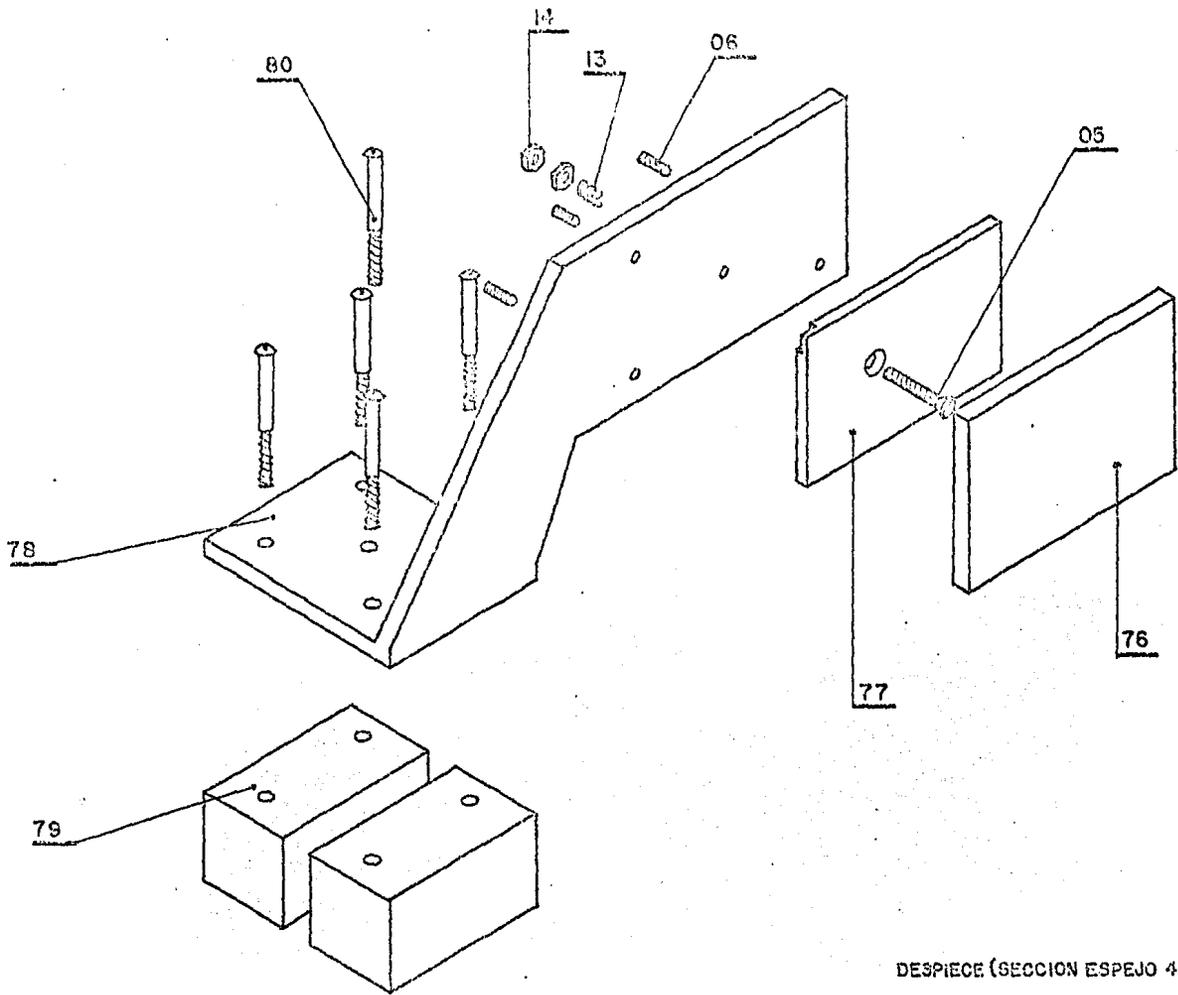
CAJA DE BALEROS PARA TORNILLO Y CAJA DE ACOPLAMIENTO CON MOTOR

medidas en mm. exc. 1/16

15/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



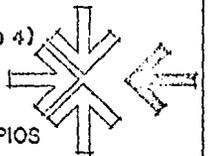


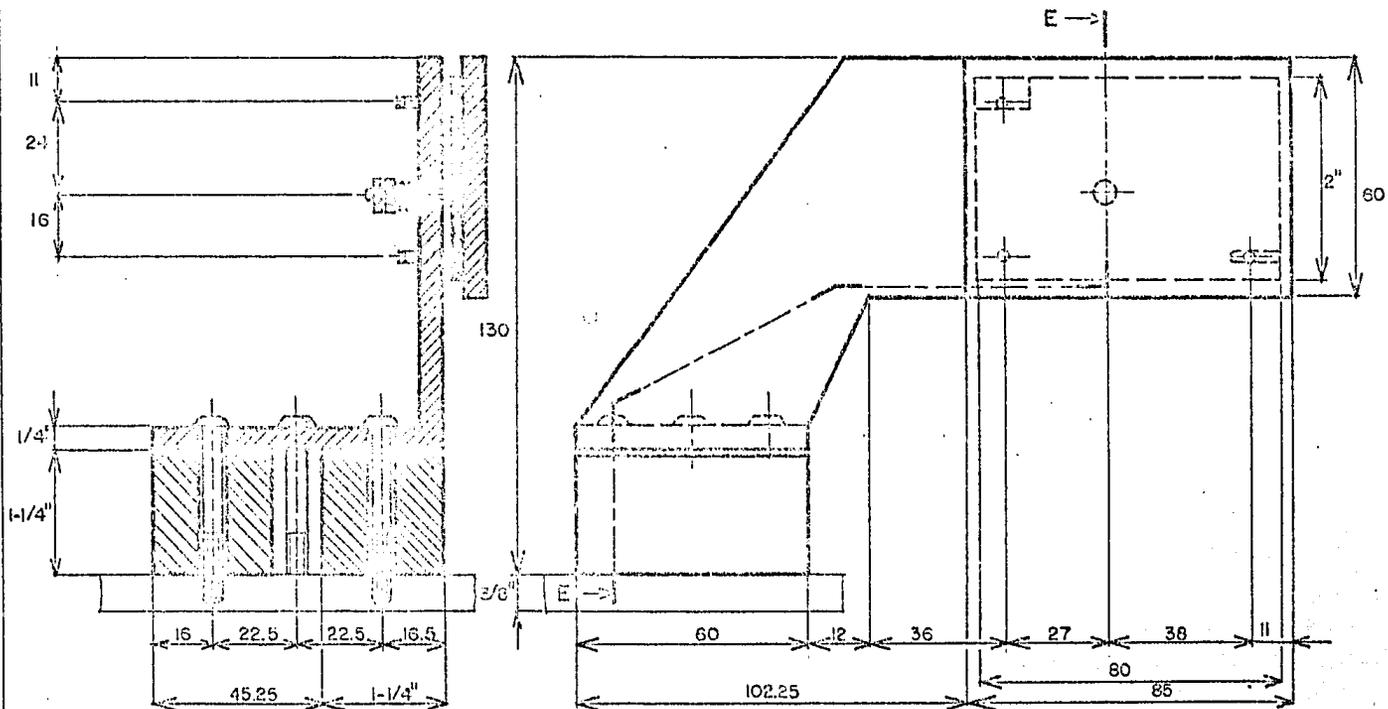
todas en mm. esc. 1:2

DESPIECE (SECCION ESPEJO 4)

1G/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS





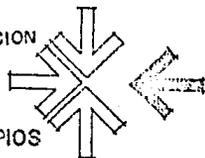
CORTE E-E

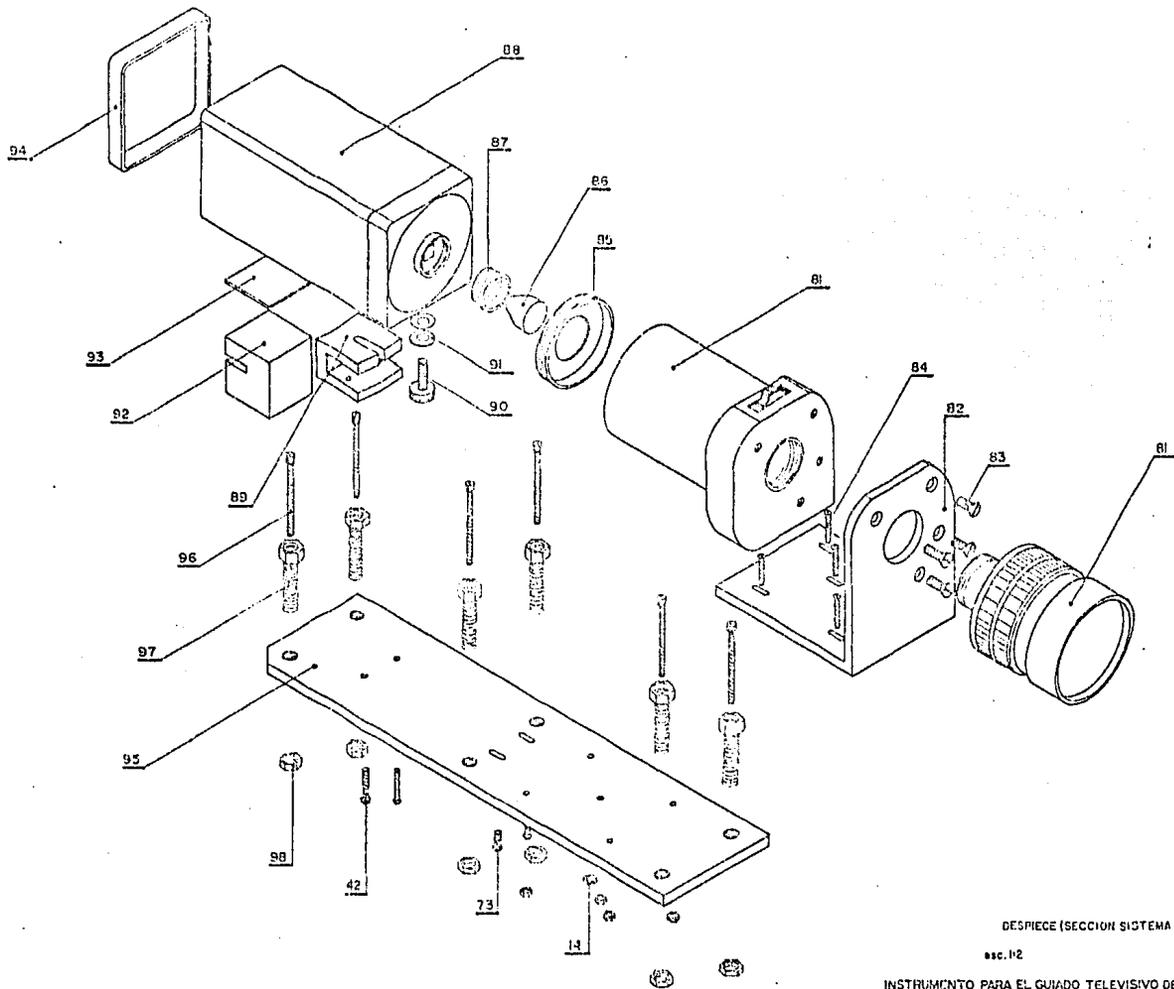
ESPEJO 4, MONTURA Y SISTEMA DE ALINEACION

escalas en mm. esc. 1:1.5

17/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



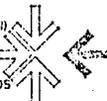


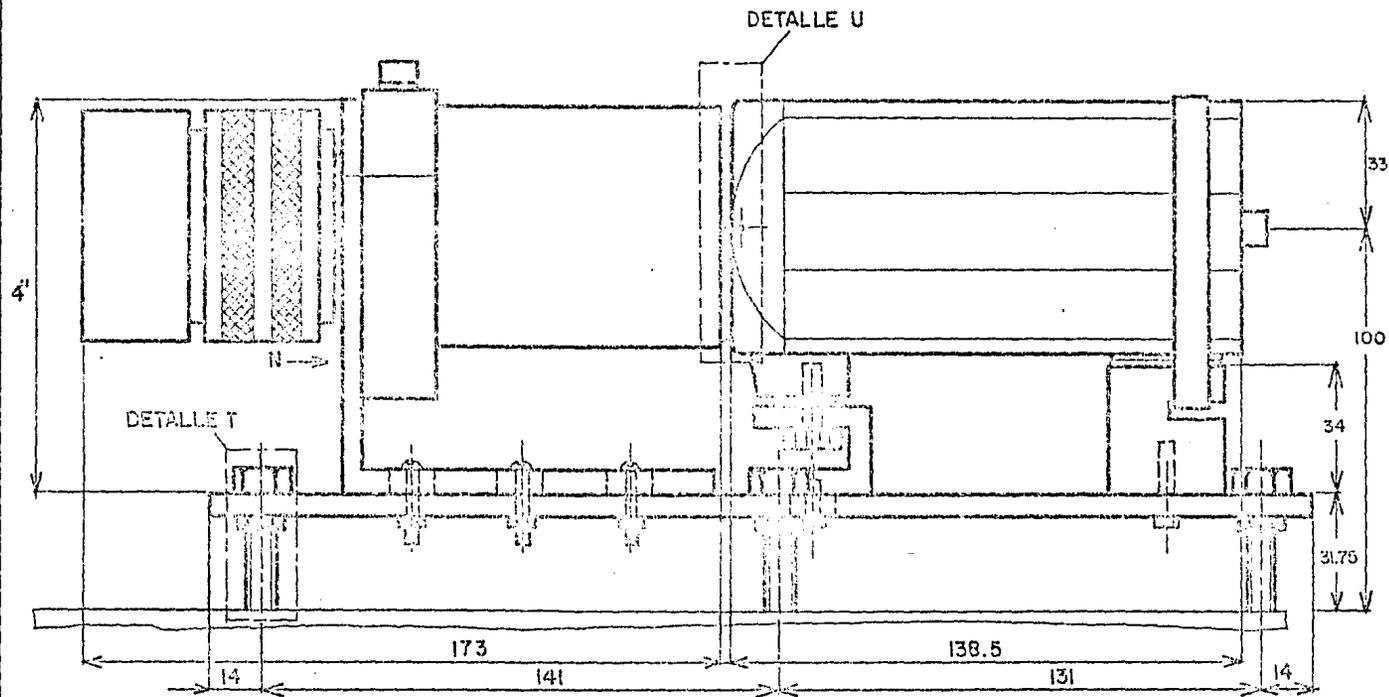
DESPIECE (SECCION SISTEMA DE DETECCION)

esc. 1:2

8-3-10/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



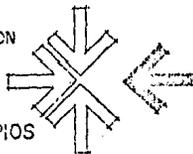


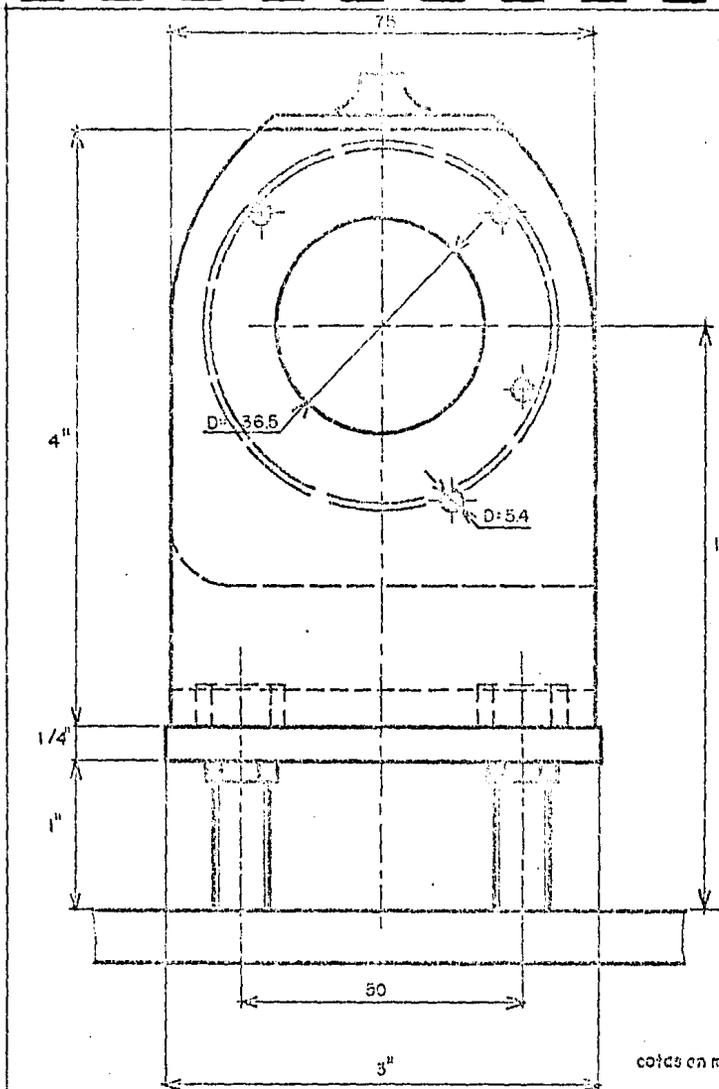
VISTA LATERAL DEL SISTEMA DE DETECCION

cotas en mm. esc. 1:1.5

19/22

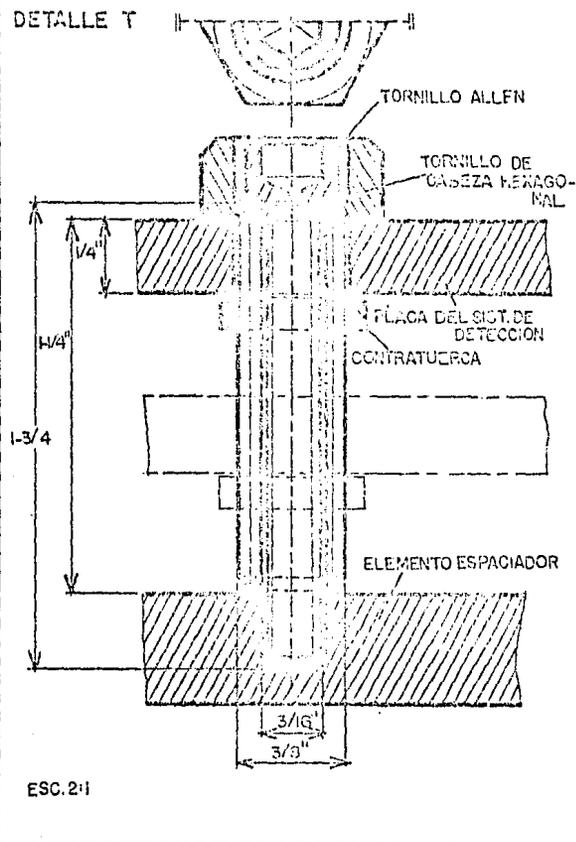
INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS





VISTA N

DETALLE T

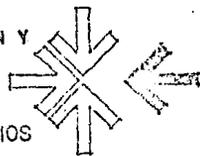


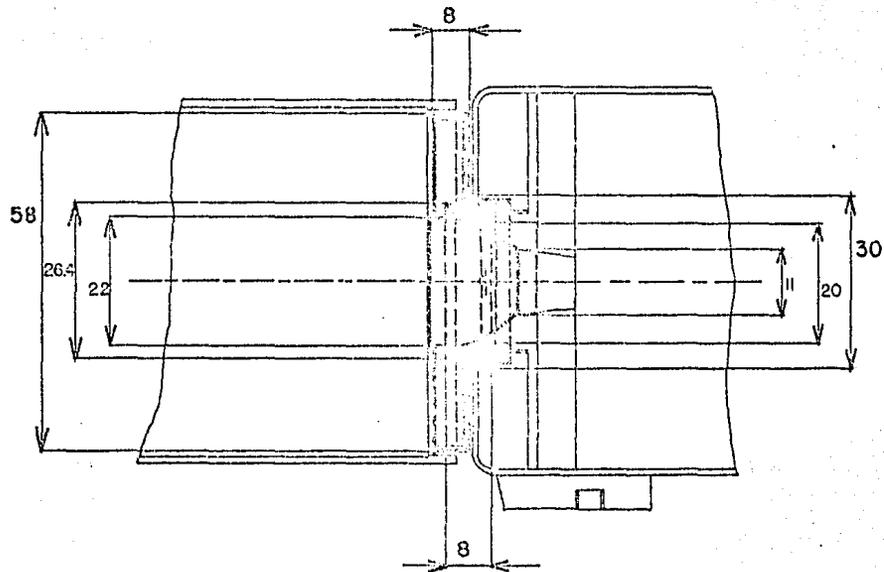
VISTA N: SUJECION DEL INTENSIFICADOR DE IMAGEN Y
DETALLE T: SISTEMA DE ALINEACION

cotas en mm.

20/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



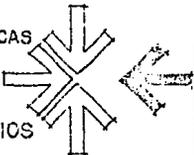


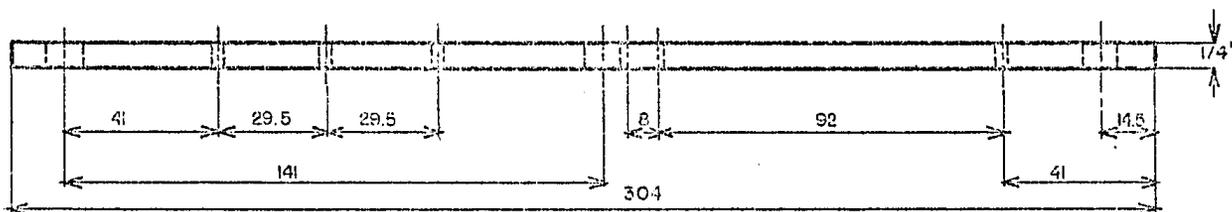
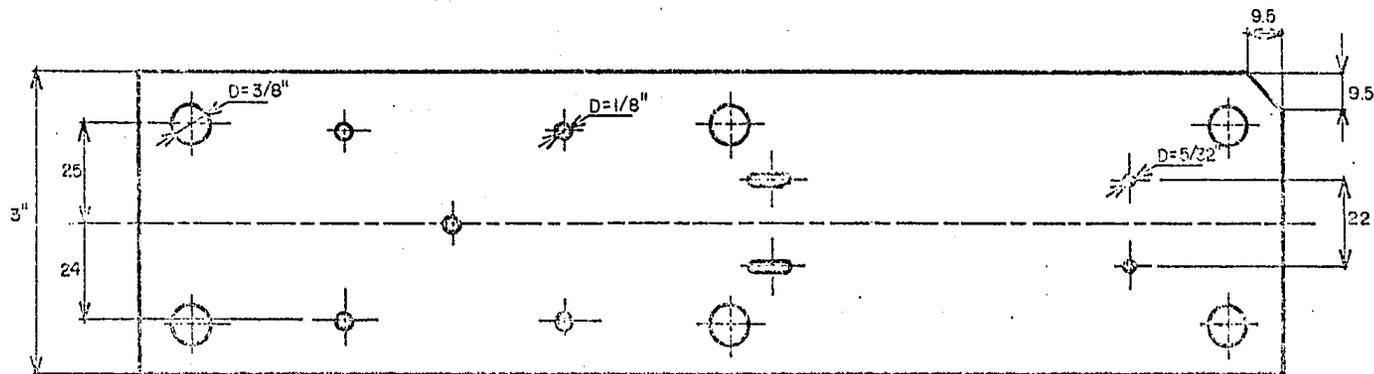
DETALLE U: ACOPLAMIENTO FOR FIBRAS OPTICAS

cotas en mm. esc. 1:1

21/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



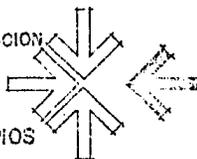


PLACA DEL SISTEMA DE DETECCION

cotas en mm. asc. P.I.5

22/22

INSTRUMENTO PARA EL GUIADO TELEVISIVO DE TELESCOPIOS



No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
01	espejo 1	1	vidrio aluminizado	corte, pulido, aluminizado, chaflan	debastadora maq. de pulido campana de alum.		2,3,4
02	soporte del espejo 1	1	solera de aluminio de 1/8" x 2"	corte, barrenado, fresado, avellanado, lijado	sierra cinta, fresadora		2,3,4
03	sujeción del espejo 1	1	solera de aluminio de 1/4" x 2"	corte, barrenado, roscado, lijado	sierra cinta fresadora, machuelos		2,3,4
04	regletas	2	acero inox. 3/32" x 1"	corte, barrenado	fresadora,	X	2,3,4,5
05	tornillos para sujetar espejos 1 y 4	2	tornillos cab. plana 1/8" x 1"			X	2,3,4, 16,17
06	tornillos para alineación de espejos 1, 2, 3 y 4	12	tornillos de calavera UNF 1/8" x 7/16"			X	2,3,4,6, 16,17
07	tornillos para fijar soporte del espejo 3 y sujetar regletas	10	tornillos cab. plana 1/8" x 5/8"			X	3,6 2,3,4
08	espejo 2	1	vidrio aluminizado	corte, pulido, aluminizado			2,3,6
09	soporte del espejo 2	1	solera de aluminio de 1/8" x 2"	corte, barrenado, avellanado, fresado, lijado	sierra cinta fresadora		2,3,6

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
10	sujeción del espejo 2	1	canal de aluminio de 1/8"x2 1/2" x 1 1/2"	corte, barrenado, lijado, roscado	sierra cinta, fresadora, machuelos		2,3,6
11	tornillos para sujetar espejos 2 y 3	2	tornillos cab. plana 1/8" x 7/8"			X	3,6
12	tornillos para sujetar el ángulo del espejo 2 y para sujetar regletas	11	tornillos de cab. plana 1/8" x 3/8"			X	3,6 2,3
13	resorte para la sujeción de espejos	4	resorte d=1/8" l=3/8"			X	2,3,4,6 16,17
14	tuercas para la sujeción de espejos, ajuste de barras (a) y suj. intensificador	15	tuerca d=1/8"			X	2,3,4,6, 16,17 3,7 18,19
15	carro 1	1	solera de aluminio 2" x 1"	corte, barrenado, roscado, rimado, lijado	fresadora, sierra cinta		2,3,5
16	balero lineal	7	d int=3/8"			X import.	2,3,5,8 10,11,12 13
17	anillo de separación del carro 1 y de caja de baleros del carro 2	2	tubo de aluminio d= 5/8" l= 2.5mm. e= 2mm.	corte, lijado,	torno o sierra cinta		3,5 8,11

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
18	anillo roscado para caja de baleros, carro 1 y carro del colimador	3	tubo de aluminio d= 5/8" l= 15mm. e= 2mm.	corte, roscado, ranurado	torno		3,10 3,5 12,13
19	anillo roscado	2	tubo de aluminio d= 5/8" l= 2.5mm. e= 2 mm.	corte, roscado, ranurado	torno		3,5
20	tuerca embalada	1				X import.	3,5
21	tornillo embalado	1	d= 5/16" l= 235mm.	barrenado		X import.	3, 14
22	anillo roscado para caja de tuerca carro 2 carro 1 y carro del colimador	3	tubo de aluminio d= 17.78mm. l= 3mm. e= 2.5mm.	corte, roscado, ranurado	torno		2,8,11 3,5 12
23	barras gula	2	barra de acero d= 3/8" l= 280mm.	corte, barrenado		X import.	2,3,5,7
24	soporte ajustable de barras (a)	2	barra cuadrada de aluminio 7/16"	corte, barrenado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora		3,7
25	sujeción de barras (a)	2	solera de aluminio 3/16" x 1/2"	corte, barrenado, lijado	sierra cinta, taladro de banco		3,7

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
26	tornillo para sujetar barras de ajuste (a y b)	3	tornillo hexagonal 1/8" x 1 7/16"			X	2,3
27	soporte fijo de barras (c)	1	barra cuadrada aluminio 7/16"	corte, barrenado, fresado, lijado	sierra cinta fresadora		3,7
28	sujeción de barras (c)	1	solera de aluminio 3/16" x 1"	corte, barrenado, lijado	sierra cinta, taladro de banco		3,7
29	tornillo para sujetar barras (c)	1	tornillo hexagonal 3/16" x 1 1/8"			X	3,7
30	tornillo para ajuste de barras (c) y soporte fijo de barra (c)	2	tornillo hexagonal 1/8" x 1/2"			X	3,7 3,7
31	soporte ajustable de barras (c)	1	barra cuadrada aluminio de 7/16"	corte, barrenado, roscado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora		3,7
32	soporte fijo de barras (b)	1	barra cuadrada aluminio de 7/16"	corte, barrenado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora		2
33	sujeción de barras (b)	1	solera de aluminio de 3/16" x 1/2"	corte, barrenado, lijado	sierra cinta, taladro de banco		2
34	espejo 3	1	vidrio aluminizado	corte, pulido, aluminizado	debastadora maq. de pulido campana de alum.		3,6

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
35	soporte del espejo 3	1	solera de aluminio 1/8" x 1"	corte, barrenado, avellanado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora		3,6
36	sujeción del espejo 3	1	canal de aluminio 1/8" x 2.5" x 1 1/2"	corte, barrenado, roscado, lijado	sierra cinta, fresadora, machuelos		3,6
37	carro 2	1	solera de aluminio 1/4" x 4"	corte, barrenado, fresado, rimado, roscado, lijado	sierra cinta, fresadora		2,8,9
38	caja de baleros lineales	1	solera de aluminio de 1" x 3"	corte, barrenado, fresado, rimado, roscado	sierra cinta, fresadora		8,9,10
39	balero lineal abierto	4	d int= 1/2"			X import.	8,10,12 13
40	tornillo de retención de baleros abiertos	4	tornillo cab. redonda .136" x 5/16"			X	8,10,12
41	tornillo de ajuste de caja de baleros abiertos	4	tornillo cab. redonda 5/32" x 9/32"			X	8,10,12
42	tornillo para sujetar soporte post. cámara, soporte del colimador, cajas de baleros y tuercas del carro 2	22	tornillo cab. redonda 5/32" x 3/4"			X	18,19 12 8,9

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
43	barra guia	1	acero d= 1/2" l= 514mm.	barrenado, corte, roscado	torno fresadora	X import.	2,8,12
44	riel	1	aluminio	corte, barrenado	fresadora	X import.	2,8,12
45	tornillo para fijar la barra al riel	6	tornillo hexagonal 5/32" x 1"			X	2,8,12
46	tornillo para sujetar el riel	10	tornillo hexagonal 3/16" x 5/16"			X	2,8,12
47	caja de tuerca	1	solera de aluminio 1" x 2"	corte, barrenado, rimado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora		2,8,9,11
48	tuerca embalada	1				X import.	2,8,11
49	tornillo embalado	1	d= 5/16" l= 162mm.	barrenado		X import.	2,8,14
50	caja de baleros lineales	1	solera de aluminio de 1" x 2"	corte, barrenado, fresado, rimado, roscado, lijado	sierra cinta, fresadora		8,9,11
51	anillo roscado	2	tubo de aluminio de d= 5/8" l= 3.52mm. e= 3mm.	corte, roscado, ranurado, lijado	torno		8,11

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PEA. COMER.	PLANOS
52	barra guía	1	acero d= 3/8" l= 230mm.	corte, barrenado, roscado	torno fresadora	X import.	8
53	calza de riel	1	solera de aluminio 3/16" x 1"	corte, barrenado	fresadora		8
54	calza de riel	1	solera de aluminio 3/16" x 1"	corte, barrenado	fresadora		8
55	tornillo para sujetar el riel	8	tornillo hexagonal 3/16" x 5/8"			X	8
56	colimador convergente	1	lente Bower 135mm. f/3.5			X import.	2,12
57	soporte del colimador	1	ángulo de lados iguales aluminio 1/4" x 3"	corte, barrenado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora		2,12
58	tornillo para sujetar colimador y sujetar motor	13	tornillo allen 7/32" x 9/16"			X	2,12 14
59	tuerca para sujetar colimador	1	d= 7/32"			X	2,12
60	carro del colimador	1	solera de aluminio 1 1/4" x 3" + 1/4" x 3"	corte, barrenado, rimado, fresado, roscado, lijado	sierra cinta, fresadora		2,12,13

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
61	barra guia	1	acero d= 3/8" l= 514mm.	corde, barrenado	torno	X import.	2,12
62	tuerca embalada	1				X import.	12,13
63	tornillo embalado	1	acero inox. d= 5/16" l= 330mm.	barrenado		X import.	12,14
64	motor de pasos	3				X import.	2,14
65	cople motor-tornillo	3	barra redonda de nylon 9/16"	corde, barrenado	torno		2,14
66	pernos para cople	6	1/8"x 9/16"			X	2,14
67	caja de acoplamiento	3	tubo rectangular aluminio 1 1/4"x 2.5" x .078"	corde, barrenado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora		2,14,15
68	baleros para tornillo	6	d int= 3/16"			X	2,14,15
69	espaciador de baleros	3	tubo de aluminio d= 5/16" l= 8mm.	corde	sierra cinta		2,14,15
70	caja de baleros	3	barra cuadrada de aluminio 1"	corde, barrenado, roscado	sierra cinta, fresadora		2,14,15
71	anillo roscado	3	tubo de aluminio 7/16"x 1/4"	corde, roscado, ranurado	torno		2,14,15

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
72	tornillo para sujetar caja de cople a caja de baleros	12	tornillo cab. redonda 1/8" x 11/32"			X	2,14
73	tornillo para sujetar caja de baleros y sop. ant. de cámara	8	tornillo cab. plana 5/32" x 1/2"			X	2,14,15 18,19
74	calza del motor 2	1	solera de aluminio 1/4" x 2"	corte, barrenado	sierra cinta, fresadora		2
75	calza del motor 3	1	solera de aluminio 1/4" x 2"	corte, barrenado, roscado	sierra cinta, fresadora		2
76	espejo 4	1	vidrio aluminizado	corte, pulido, aluminizado	debastadora, maq. de pulido campana de alum.		2,16,17
77	soporte del espejo 4	1	solera de aluminio 1/8" x 2"	corte, barrenado, avellando, fresado	sierra cinta, fresadora		16,17
78	sujeción del espejo 4	1	ángulo de aluminio de lados iguales 1/4" x 4"	corte, barrenado, roscado, lijado	sierra cinta, fresadora, machuelos		2,16,17
79	calza del espejo 4	2	barra cuadrada aluminio 1.1/4"	corte, barrenado	fresadora		2,16,17
80	tornillo sujeción espejo 4	5	tornillo cab. redonda 3/16" x 1 3/4"			X	2,16,17

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
81	intensificador de imagen de 2a. gen.	1				X import.	18,19,20 21
82	soporte de intensif.	1	ángulo de aluminio lados iguales 1/4" x 4"	corte, barrenado, avellanado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora		18,19,20
83	tornillo para sujetar intensificador	4	tornillo cab. plana 7/32"x 3/16"			X	18
84	tornillos para sop. intensificador	5	tornillo cab. redonda 1/8" x 3/4"			X	18,19
85	unión entre intensificador y cámara-CCD	1	tubo de aluminio 2 3/8"	corte, roscado, barrenado	torno, fresadora		18,21
86	fibras ópticas	1				X import.	18,21
87	soporte de fibras ópticas	1	tubo de aluminio d= 1" l= 8mm.	corte, roscado, torneado	torno		18,21
88	cámara de edo. sólido	1				X	18,19,21
89	soporte anterior de cámara	1	barra cuadrada aluminio 1 1/4"	corte, barrenado, roscado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora, machuelos		18,19

No.	NOMBRE	C/U	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO	MAQUINARIA	PZA. COMER.	PLANOS
90	perilla sujeción de cámara	1	barra de aluminio d= 5/8"	corte, torneado, roscado, moleteado	torno		18,19
91	espaciadores		soldanas d= 7/32"			X	18,19
92	soporte post. de cámara	1	barra cuadrada aluminio de 1 1/4"	corte, barrenado, roscado, fresado, lijado	sierra cinta, fresadora, machuelos		18
93	espaciadores		recortes de lámina				18,19
94	banda para sujetar cámara	1	abrazadera o banda de hule de 1cm. ancho			X	18,19
95	soporte sistema de detección	1	solera de aluminio 1/4" x 3"	corte, barrenado, fresado	sierra cinta, fresadora		18,19, 20,22
96	tornillos sujeción placa del sistema de detección	6	tornillos allen 3/16" x 1 3/4"			X	18,19, 20
97	tornillos para alineación de placa del sist. de detección	6	tornillos hexagonal 3/8" x 1 1/4"	barrenado	fresadora	X	18,19, 20
98	tuerca para alineación de placa del sist. de detección	6	d int= 3/8"			X	18,19, 20
99	tuer. cajas de baleros lin. y caja de tuerca	14	d int=5/32"			X	8

CONSIDERACION DE LOS FACTORES HUMANOS Y RECOMENDACIONES PARA EL ENTORNO

La actitud de un diseñador durante el desarrollo de sus tareas, es la de llegar a una solución que se adapte a los usuarios y sus cambiantes necesidades. Esta actitud del diseñador es muy importante cuando se involucra en la concepción de instrumentos de aplicación científica, ya que es en esta área donde el uso de tecnologías muy novedosas y su adaptación, muchas veces obliga a dejar a un lado la consideración de los factores humanos que intervienen tanto en la manufactura y construcción de los instrumentos, como en su utilización y mantenimiento.

En el ámbito astronómico, se ha dado la necesidad de introducir modificaciones en el proceso de observación tradicional y con estos cambios debe de ser congruente la introducción del sistema de guiado del telescopio. Estos cambios responden a diversas causas, entre otras están la introducción de tecnologías para la detección de fuentes de bajos niveles lumínicos; el procesamiento de esas imágenes detectadas y responden, también, a que se ha demostrado que la presencia de personas en la cúpula del telescopio, es una fuente de calor que afecta el "seeing"; así mismo, existe una fuerte tendencia, actualmente, a utilizar controles remotos de mayor precisión que los controles manuales. No se debe forzar al usuario, por medio de un producto, a perder las ventajas que le ofrece el uso de monitores y de terminales de computadoras.

Uno de los cambios en la rutina de observación es que el astrónomo ya no pasará

tiempos prolongados frente al ocular de un aparato. Ahora, su sitio de trabajo durante una observación, será frente a una pantalla y 2 ó 3 tableros de computadora. Si bien es cierto que uno de estos tableros es el implemento de control en el funcionamiento óptico, mecánico y electrónico del guiador excéntrico, también es cierto que éstos no constituyen los únicos "muebles" que intervienen durante la operación. Como es lógico, se requiere de un espacio con sillas, mesas, etc. que puedan contribuir o impedir una operación confortable.

Se han observado una serie de posiciones críticas que provocan tensión en los músculos, una inadecuada circulación de sangre, fatiga y problemas musculares, muy comunes durante largas jornadas de trabajo frente a una terminal de computadora. Algunas de las causas son las que se enlistan a continuación:

- falta de soporte adecuado en la espalda
- las rodillas no tienen espacio suficiente para moverse
- presión en las corvas por la utilización de una silla mal dimensionada o inadecuada
- cuando el cuello tiene que girarse o doblarse a un grado que provoca tensión, para ver los documentos o la pantalla
- las manos no tienen un lugar para descansar entre los tiempos de tecleado
- cuando las manos tienen que mantenerse por arriba del nivel de los codos para alcanzar el teclado
- cuando los brazos tienen que extenderse demasiado para presionar las teclas

A continuación se anexan una serie de recomendaciones encaminadas, no sólo a mejorar la postura, sino a reducir problemas visuales y de control del instrumento. Las dimensiones antropométricas están basadas en los estudios de E. J. Mc Cormick y N. Diffrient, pero adecuadas al tipo medio de los usuarios.

Después de algunas generalidades, las recomendaciones se presentan en cuatro grupos: las concernientes a la mesa o superficie de trabajo, el asiento, el tablero de control y el monitor.

-Se debe contar con un lugar para descansar las manos cuando no se esté utilizando el teclado.

-Los documentos tales como cartas del cielo, anuarios y otros documentos de consulta, deben ubicarse en un lugar donde no se tenga que girar ni doblar excesivamente el cuello para poderlos examinar.

-Es aconsejable proveer un atril o superficie similar para colocar los documentos antes mencionados.

-Usar una luz no muy intensa en el atril y área circundante.

-La luz del techo debe ser difusa o graduable en intensidad.

-Algunas partes del equipo deben ser ajustables.

-Cuando menos, la altura del asiento debe ser ajustable, suponiendo que la altura de la superficie de trabajo sea fija.

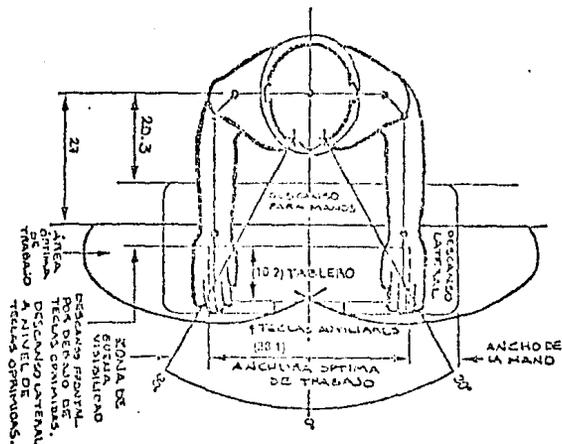
-Los asientos no deben ser excesivamente mullidos y es preferible que no tengan

descansabrazos si se van a realizar actividades de tecleado.

-Algunos usuarios pueden requerir un soporte para los pies.

La mesa o superficie de trabajo. -

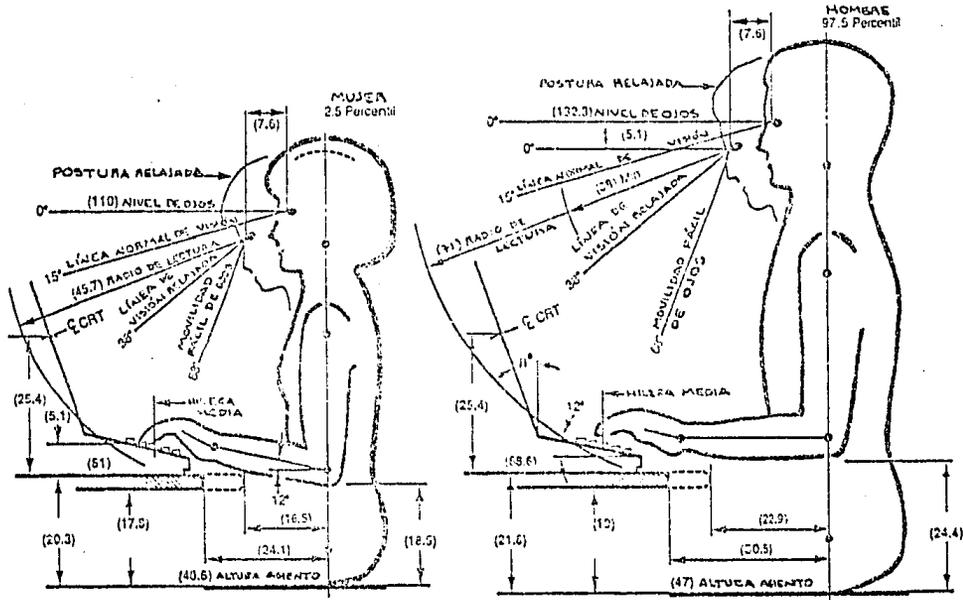
1. Altura mínima para darle espacio a las rodillas ----- 635 mm (al suelo)
2. Espesor de la mesa (puede ser muy variable) ----- 25 mm
3. Ancho de la mesa ----- 61 mm
4. Ancho del área prioritaria ----- 38 mm (al centro)
5. Espacio para los descansos de las manos ----- al frente y los lados



El asiento.-

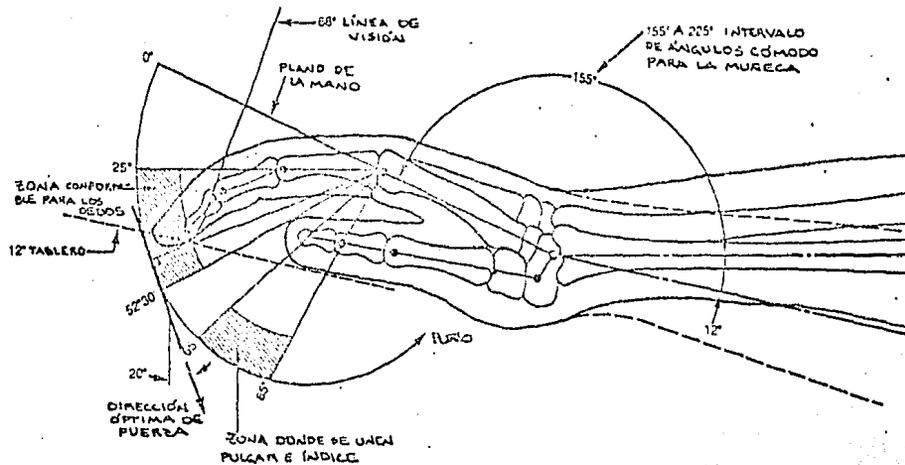
1. Altura ----- de 406 mm a 470 mm
2. Ancho ----- 400 mm aprox.

La terminal consta de dos partes: el monitor, similar a una TV, y un tablero de control, similar a una máquina de escribir, localizado enfrente del monitor. Es preferible utilizar un aparato que tenga separados estos dos elementos.



El tablero.-

1. Altura óptima de la primera hilera de teclas ----- 730 mm (al suelo)
2. Pendiente de la superficie del tablero----- 11 a 15 grados
3. Pendiente óptima----- 12 grados
4. Asignación de funciones especiales----- teclas superiores o laterales



El monitor.-

1. Altura recomendable (al centro de la pantalla): de 914 a 940 mm del piso
2. Localización: normal a la línea de visión, pero ligeramente inclinado hacia abajo

para evitar reflexiones hacia la cara del operador y para evitar reflejos sobre la pantalla.

3. Línea de visión (posición sentada y relajada): 38 grados abajo de la horizontal
4. Angulos óptimos de visión: de la línea normal de visión (hacia el horizonte) hasta 30 grados abajo.
5. Distancia de lectura mínima: 381 mm
6. Distancia de lectura máxima: 711 mm
7. Despliegue de información importante: dentro de un cono de 30 grados de abertura
8. Despliegue de información adicional: dentro de un cono de 60 grados de abertura.
El eje de los conos coincide con la línea normal de visión, que es una línea que parte del centro de los ojos hacia el horizonte.
9. Tamaño máximo de la pantalla: 406 mm de lado
10. Inclinción de la pantalla para minimizar reflexiones: 8.5 a 12 grados
11. Inclinción preferente: 11 grados (aunque es preferible una pantalla ajustable)
12. Altura de los caracteres (brillo alto): 3 a 5 mm
13. Altura de los caracteres (brillo bajo): 5 a 7.5 mm
14. Arreglo óptimo de puntos: patrón de 7 x 9
15. Razón de contraste óptimo entre caracter y fondo: 10:1
16. Color recomendable para caracteres durante la utilización nocturna: caracter blanco sobre fondo negro u obscuro

Recomendaciones para el uso de monitores. -

1. Tener la posibilidad de ajustar la inclinación o giro de la pantalla.
2. Es preferible que el tablero y el monitor estén separados para tener movimientos independientes.
3. Tener controles de brillo, contraste y foco.
4. Colocar correctamente el monitor con respecto de la iluminación.
5. Cubrir el monitor si se requiere evitar reflejos.
6. Poner difusores en las lámparas que lo requieran.
7. Contar con sillas cómodas y ajustables.
8. Someter a pruebas regularmente el monitor.

Otros aspectos también contemplados durante el desarrollo de este diseño y relacionados con los usuarios indirectos y con los técnicos de los talleres, fueron los de la fabricación del aparato y el mantenimiento que podrá requerir posteriormente. Por tratarse de un instrumento que funciona con bastante precisión, la elaboración y el ajuste de las piezas podrían haber resultado operaciones muy engorrosas; sin embargo, se procuró simplificar la forma de las partes, los procesos involucrados y el concepto general de funcionamiento, de modo que se facilitarán tanto la manufactura como el mantenimiento.

La elaboración de las piezas consiste, principalmente, en el maquinado (corte, barrenado, roscado, frezado, torneado, etc.) de materiales de producción estandarizada,

utilizando las máquinas herramientas de los talleres. Casi todas las partes presentan las tolerancias necesarias para absorber las fallas normales durante un maquinado.

Algunas otras componentes, como son el carro 1, el carro del colimador, las cajas de tuercas y las cajas de baleros lineales, deben estar barrenadas a una precisión del orden de diezmilésimas de pulgada, cuando se trata de elementos cerrados; cuando son elementos abiertos (como los baleros abiertos), la precisión debe de ser del orden de milésimas de pulgada. Esta operación se facilita barrenando con diámetros de herramienta cada vez mayores, hasta que por último, se rectifica la medida con rimas ajustables. Los alojamientos para baleros abiertos se han hecho ajustables y es por medio de un tornillo que se afina el ajuste del balero en su alojamiento.

El mantenimiento del guiador consiste, básicamente, en la realización de pruebas de detección, alineamiento de barras, espejos, intensificador de imagen y cámara-CCD, además de la lubricación de algunas partes y la revisión general. Para realizar estas operaciones, se incorporaron algunos arreglos o sistemas, monturas y soportes, que ya han sido descritos en otras secciones. Todos los ajustes y alineamientos se llevan a cabo con tornillos, de modo que no se requieren aparatos o herramientas muy especiales, salvo algunas llaves allen, donde la falta de espacio así lo demanda. Los coples de motor-tornillo embalado, han sido protegidos con cajas para evitar accidentes durante las pruebas.

Como se mencionó en la descripción del sistema de guiado, todas las partes mecánicas

y ópticas están alojadas dentro de un cilindro, cuyas dimensiones fueron acotadas por las medidas de la celda y la platina del telescopio. La finalidad de ésto fue el evitar llegar a una forma que expusiera aristas o salientes que pudieran provocar un accidente, dadas las condiciones de oscuridad en que se trabaja.

COSTOS

Los costos indicados a continuación corresponden al primer semestre de 1985 y comprenden sólo a los gastos en material y una aproximación al pago de salarios por concepto de mano de obra, de acuerdo a los tabuladores de la UNAM. No se incluyen los gastos indirectos como renta, luz, desgaste de maquinaria, etc., ni los costos relacionados con el trabajo de investigación. La información proporcionada debe tomarse como una primera aproximación, dadas las condiciones económicas por todos concidas. Las componentes importadas se agrupan en una lista separada, ya que su precio se da en dólares.

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	COSTO (en pesos)
1. ángulo de lados iguales, aluminio 1/4" x 3"	0.12 Kg.	\$1387./Kg.	166.44
2. ángulo de lados iguales aluminio 1/4" x 4"	0.89 Kg.	\$1387./Kg.	1235.53
3. balero \bar{N} int= 3/16"	6 unidades	\$3000/pza.	18 000.00
4. barra cuadrada aluminio 7/16"	.02454 Kg.	\$1387./Kg.	34.00
5. barra cuadrada aluminio 1"	0.236 Kg.	\$1387./Kg.	327.70
6. barra cuadrada aluminio 1 1/4"	0.483 Kg.	\$1387./Kg.	670.20

7. barra redonda aluminio $\bar{\phi}$ = 5/8"	.0121 Kg.	\$1345. /Kg.	16.90
8. barra redonda nylon $\bar{\phi}$ = 9/16"	.204 Kg.	\$900. /kg.	182.00
9. Canal de aluminio 1/8" x 2 1/2" x 1 1/2"	.1104 Kg.	\$1345. /Kg.	148.50
10. regleas de acero inox. 3/64" x 1"	2 unidades	\$1200/pza.	2400.00
11. solera de aluminio 1/8" x 1"	.009 Kg.	\$962. /Kg.	8.77
12. solera de aluminio 1/8" x 2"	.077 Kg.	\$962. /Kg.	74.50
13. solera de aluminio 3/16" x 1/2"	.008 Kg.	\$1345. /Kg.	11.83
14. solera de aluminio 3/16" x 1"	.045 Kg.	\$1345. /Kg.	60.92
15. solera de aluminio 1/4" x 2"	.242 kg.	\$1345. /Kg.	326.56
16. solera de aluminio 1/4" x 3"	0.51 Kg.	\$1345. /Kg.	687.16
17. solera de aluminio 1/4" x 4"	.62kg	\$1345. /Kg.	833.90
18. solera de aluminio 1" x 2"	.497 Kg.	\$1387. /Kg.	689.34
19. solera de aluminio 1" x 3"	1.015 Kg.	\$1387. /Kg.	1407.85

20. tornillos allen, cabeza plana cabeza redonda, hexagonales, tuercas, roldanas, pernos, resortes, abrazadera.	245 unidades		13 000.00
21. tubo rectangular, aluminio 1/4" x 2 1/2" x .078"	.1675 Kg.	\$1200. /Kg.	201.00
22. tubo redondo aluminio $\varnothing=5/16"$	.0016 Kg.	\$1200. /Kg.	1.90
23. tubo redondo aluminio $\varnothing= 7/16"$	.0019 Kg.	\$1200. /Kg.	2.28
24. tubo redondo aluminio $\varnothing= 5/8"$	.012 Kg.	\$1200. /Kg.	14.64
25. tubo redondo aluminio $\varnothing= 3/4"$	.0022 Kg.	\$1200. /Kg.	2.64
26. tubo redondo aluminio $\varnothing= 1"$	.002 Kg.	\$1200. /Kg.	2.40
27. tubo redondo aluminio IPS $\varnothing= 2 1/2"$	.023 Kg.	\$1345. /Kg.	28.56
28. vidrio de 6 mm.	13,730 mm	\$10 000/m	137.30
SUBTOTAL			41 272.82

LISTA DE PARTES IMPORTADAS

COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	COSTO (en dólares)
i. baleros lineales,	16 piezas.		384.00

barras guía, riel

2. cámara-CCD	1 pra.	3200.00 dls.	3200.00
3. fibras ópticas	1 pra.	300.00 dls.	300.00
4. fuente de poder	1 pra.	160.00 dls.	160.00
5. intensificador de imagen	1 pra.	2 500.00 dls.	2 500.00
6. lente Bower 135mm. f/35	1 pra.	30.00 dls	30.00
7. microcomputadora Z80 SBC	1 unidad	280.00 dls.	280.00
8. monitor	1 unidad	2 600.00 dls	2 600.00
9. motores de pasos	3 unidades	20.00 dls.	60.00
10. placas de memoria	2	400.00 dls	800.00
11. tarjetas vacías para alambrado y otras partes electrónicas			1 000.00
12. tornillos y tuercas embalados	3	533.00 dls.	1 600.00
SUBTOTAL			13 214.00

COSTO DE MANO DE OBRA

PERSONAL TECNICO	SALARIO MENSUAL (m. n.)	TIEMPO ESTIMADO (meses)	COSTO
un técnico en óptica (tiempo completo)	70 000.00	1	70 000.00

un técnico en mecánica (tiempo completo)	70 000	3	560 000.00
un técnico en electrónica (tiempo completo)	80 000	18	1 440 000.00

SUBTOTAL 2 070 000.00

TOTAL EN MONEDA NACIONAL 2 110 450.80 (aprox.)

TOTAL EN DOLARES + 13 214.00 (aprox.)

TOTAL 6 735 398.80 (M.N.)

CONCLUSIONES

Este trabajo se va a evaluar considerando dos aspectos fundamentales. El primer aspecto se relaciona con el instrumento en sí, como resultado del trabajo de un equipo; el segundo es el relativo a la participación del diseñador industrial en este equipo multidisciplinario para desarrollar un instrumento astronómico.

La opinión sobre este instrumento ha sido favorable, pues agiliza y resuelve de un modo muy satisfactorio, los problemas de apunte y guiado del telescopio. Además, se encontró que con el aparato presentado, se puede llevar a cabo la alineación de la óptica del telescopio, anulando o rectificando las fallas mecánicas de la montura. Esto es posible ya que el sistema de guiado se comporta como una referencia absoluta, es decir, es independiente de las imperfecciones estructurales del telescopio. Esta propiedad, simplemente, sería suficiente para justificar la creación de este aparato.

Otra cuestión que considero importante mencionar, es la relativa a los costos. Los sistemas de guiado, según cotizaciones del año anterior, cuestan alrededor de \$33 000 dólares si incluyen sistema de detección de bajos niveles de luz, con su electrónica asociada; los que cuentan solamente con un ocular y que son de operación manual, tienen un precio de \$15 000 dólares. Así que es un gran logro haber desarrollado un sistema que se puede enlazar al telescopio y que incluye el detector, su electrónica periférica, microcomputadora y monitor, cuyo costo es de \$19 000 dólares, aproximadamente.

Posiblemente el costo de producción del guiador excéntrico pudiera reducirse mediante

el estudio y rediseño de algunas de sus componentes, pero ésta será una cuestión por determinar cuando se realicen las pruebas pertinentes con el prototipo.

En secciones anteriores de esta tesis, se mencionó que uno de nuestros objetivos era el de desarrollar un sistema que pudiera utilizarse en otros telescopios y, con esta idea en mente, se llevo a cabo un diseño que puede ser fácilmente reproducible y adaptable a las condiciones particulares de otros telescopios. Llevando a cabo un estudio de las características del sistema óptico, quedarían definidas las variaciones que habría que introducir en el sistema original.

Tomando en cuenta el segundo aspecto de evaluación de este trabajo, puedo decir que esta experiencia ha sido sumamente formativa e interesante ya que el establecer una comunicación con personas dedicadas a disciplinas diferentes, conocer sus problemáticas y modos de abordar un problema, amplía y nutre nuestras propias concepciones.

El desear darle una nueva aplicación a una actividad profesional, significa enfrentarse con dificultades muy diversas, que van desde familiarizarse con un campo tan distinto como es el científico, hasta salvar las diferencias en el lenguaje técnico, la metodología, e inclusive el ritmo con el que cada quien trata los problemas y analiza las posibles soluciones. Sin embargo, se va llegando a un resultado, a un producto en el que se integran las respuestas de todos y cada uno de los participantes.

Aunque la solución de cada sistema (óptico, mecánico, electrónico, o del sistema operativo) estuvo en manos de los respectivos especialistas, siempre existió

retroalimentación y la filosofía de diseño, así como la concepción general, fueron tarea de todos. Es por ésto que no es del todo apropiado delimitar la actuación de uno de los participantes para enumerar sus aportaciones al producto final. No obstante, en este trabajo se debía cumplir con el requisito de indicar cuál era la contribución que podía hacer un diseñador, tema que se discutió más extensamente en el prólogo y que a lo largo de estas páginas -considero- se ha puesto en evidencia.

BIBLIOGRAFIA

REVISTAS Y CATALOGOS. -

- Anoride: precision positioning tables
1982, New York, U. S. A.
- AO Scientific Instruments: Fiber Optics
1982, U. S. A.
- Boller & Chivens mod. 35230 offset guider
- C and H Sales Company
1983, U. S. A.
- Ex-Cell-D Corporation: precision power transmission
1978, U. S. A.
- Fairchild Charge Coupled Device (CCD) catalogue
1982-1983, U. S. A.
- Micro-Controle Catalogue Général
1982, France
- Newport Corporation 1980-B1 Catalogue
U. S. A.
- Starrett Tools
1st. edition catalogue
1979, U. S. A.
- Thomson Industries, Inc.: Ball Bushings
1970/1975 New York, U. S. A.
- Thomson Industries, Inc.: Ball-Groove Shaft
1975, New York, U. S. A.

-Thomson Industries, Inc.: Linear Motion Designer's Digest
1982, New York, U. S. A.

PUBLICACIONES. -

- Carrasco L., Esperanza
"Interferometría Fabry-Perot de Orden Variable. Una Aplicación Astronómica"
Tesis profesional, UNAM
1983, México
- Cruz, Eduardo
"Aplicaciones y Estudio General de las Rejillas de Difracción"
Tesis profesional, UNAM
1979, México
- Kitt Peak National Observatory
"Operator's Manual. R. C. Automatic Guider for the 4-mt. Telescope"
Arizona, U. S. A.
- R. Noble, F. Cobos, F. Diego, J. Sasián
"Optical Characteristics of the UNAM 2-mt. Ritchey-Chretien Telescope"
Applied Optics vol. 21, No. 17
1982

LIBROS. -

- Abell, George O.
"Exploration of the Universe"
3rd. edition. Holt, Rinehart and Winston
1964, U. S. A.
- Diffrient; Niels; et. al.
"Humanscale 4/5/6 (A Project of Henry Dreyfuss Associates)"
The MIT Press
1981, U. S. A.

- Elliott, David; Cross, Nigel
"Diseño, Tecnología y Participación"
Ed. Gustavo Gili, S.A. Textos de la Open University
1980, España
- Gerling, H.
"Alrededor de las Máquinas Herramientas"
Edit. Reverté, S.A.
1981, España
- Hecht, Eugene; Zajac, Alfred
"Optics"
Addison-Wesley Publishing Company
1974, U. S. A.
- Hiltner, W. A.
"Stars and Stellar Systems. Astronomical Techniques"
Vol. 2
The University of Chicago Press
1962, U. S. A.
- Jenkins, Francis A.; White, Harvey E.
"Fundamentals of Optics"
4th. edition Mc. Graw Hill Kogakusha, Ltd.
1976, U. S. A.
- Kozhevnikov, S. N.
"Mecanismos"
- Low, F. J. and Rieke, G. H.
"Methods of Experimental Physics (Astrophysics)"
vol. 12 part A-9
- Mc Cormick, Ernest J.
"Human Factors in Engineering and Design"
4th. edition Mc. Graw Hill Book Company
1976, New York, U. S. A.

- Mitton, Simon
"The Cambridge Encyclopaedia of Astronomy"
Book Club Associates London
1979, United Kingdom
- Passachoff, Jay M.; Kutner, Marc Leslie
"University Astronomy"
W. B. Saunders Company
1978, U. S. A
- Sábato, Jorge A.; Mackenzie, Michael
"La Producción de Tecnología. Autónoma o Transnacional"
ILET; Edit. Nueva Imagen, S. A.
1982, México
- Shu, Frank H.
"The Physical Universe. An Introduction To Astronomy"
University Science Books
1982, U. S. A.