

114
Zejan



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA TORRE
PARA FOTOGRAFÍA ARQUEOLÓGICA**

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
(Á R E A M E C Á N I C A)

P r e s e n t a n :

VÍCTOR C. ^{caudelar} LOERA RUIZ
ANTONIO ARELLANO MEJÍA

Asesor: M.I. LEOPOLDO GONZÁLEZ GONZÁLEZ

México, D.F.

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 esta 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.

Con infinita gratitud a Manuel Loera y Felicitas Rutz.

Gracias Papá y Mamá.

Victor.

*A mis padres por su paciencia,
a mis hermanos por su comprensión y
a ella por su siempre oportuna presencia.*

Gracias.

Antonio.

PRÓLOGO

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU": esto, es más que una frase, es un compromiso que como universitarios tenemos con nuestro país, con nuestra universidad y con nosotros mismos. Hoy, queremos refrendar este compromiso, para ello, será bueno preguntarnos ¿Cuál es el espíritu con el que habremos de hablar por esta raza y con el que habremos de cumplir con este compromiso? Es nuestro espíritu emprendedor, de iniciativa, positivo, de retos, de enfrentar riesgos; un espíritu de empresa y liderazgo. Los ingenieros de hoy debemos ser ingenieros de empresa, generadores de empleos y de riqueza; no debemos conformarnos con ser ingenieros de servidumbre industrial.

El proyecto "Diseño y Fabricación de una Torre para Fotografía Arqueológica" tiene mucho de éste espíritu, es un proyecto que ha sido concebido, diseñado, fabricado y en uso. Se desarrolló a petición del Dr. Luis Barba Pingarrón Jefe del Laboratorio de Prospección Arqueológica (L.P.A.) del Instituto de Investigaciones Antropológicas (I.I.A) de la U.N.A.M., con fondos del propio Instituto y con recursos materiales del Departamento de Ingeniería Mecánica de la F.I., cuyo Jefe es el Ing. Ubaldo E. Márquez Amador.

Proyectos como este, son prueba de que sí es posible crear lazos de cooperación entre instituciones. Estos lazos permiten el desarrollo de proyectos que benefician tanto a las instituciones, por el desarrollo y la adquisición de tecnologías (nacionales), como a los profesionales que los desarrollan; trazando así el dificultoso y todavía largo camino, hacia un desarrollo tecnológico propio que nos pudiera llevar a ocupar un lugar más competitivo en el concierto de las naciones.

Agradecemos al Jefe del Centro de Diseño y Manufactura del Departamento de Ingeniería Mecánica, M.I. Leopoldo González G., su valiosa colaboración como director de esta tesis.

La realización de este trabajo de tesis, es más que un mero trámite, para nosotros representa la culminación de un obra: "El ser ingeniero". Esto es algo que sólo con trabajo y con tiempo se pudo lograr. Agradecemos infinitamente la oportunidad que la Universidad Nacional Autónoma de México, la Facultad de Ingeniería y el Departamento de Ingeniería Mecánica nos han brindado, pues en su seno hemos sido y crecido.

Sea extensivo nuestro agradecimiento para todos nuestros profesores, por su siempre firme y en ocasiones altruista, propósito de enseñar.

Por siempre agradecidos:

Víctor C. Loera Ruiz.
Antonio Arellano Mejía.

ÍNDICE

PROLOGO	xi
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 ¿Que es la arqueología?	1
1.1.2 ¿Que metas y objetivos persigue la arqueología?	1
1.1.3 ¿Con que herramientas cuenta la arqueología en la actualidad?	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.2.1 Planteamiento de la necesidad	3
1.2.2 Definición del problema	4
CAPÍTULO 2	
DISEÑO CONCEPTUAL, CRITERIOS DE SELECCIÓN Y MODELADO	
2.1 ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO CONCEPTUAL	5
2.2 ANÁLISIS DE DISEÑO CONCEPTUAL POR SISTEMA	8
2.2.1 Sistema de columna	8
2.2.2 Sistema de soporte	11
2.2.3 Sistema de giro	13
2.2.4 Sistema de soporte de la(s) cámara(s)	15
CAPÍTULO 3	
DISEÑO DE DETALLE	
3.1 SISTEMA DE COLUMNA	17
3.1.1 Definición de los materiales del sistema de columna	17
3.1.2 Análisis de pandeo	18
3.1.3 Análisis de estabilidad de la columna	21
3.1.4 Diseño de los elementos del sistema de columna	22
3.1.5 Dimensionamiento de los límites de carrera y de los émbolos	23
3.1.6 Determinación de los ajustes de los límites de carrera y émbolos	24
3.1.7 Elementos de fijación del sistema de columna	25
3.1.8 Cálculo de la presión requerida para la elevación de la columna	28

3.2 SISTEMA DE SOPORTE	29
3.3 SISTEMA DE GIRO DE LA(S) CÁMARA(S)	34
3.4 SISTEMA DE SOPORTE DE LA(S) CÁMARA(S)	39
3.4.1 Análisis del momento flexionante del travesaño	39
3.4.2 Análisis de deflexión en el travesaño	41

CAPÍTULO 4 FABRICACIÓN Y ENSAMBLE

4.1 ASPECTOS GENERALES	43
4.2 PLANO GENERAL DE LA TORRE	45
4.3 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE COLUMNA	47
4.4 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE SOPORTE	72
4.5 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE GIRO DE LA(S) CÁMARA(S)	83
4.6 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE SOPORTE LA(S) CÁMARA(S)	96

CAPÍTULO 5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COLUMNA	105
5.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SOPORTE	105
5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GIRO	106
5.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SOPORTE DE LA(S) CÁMARA(S)	106

CAPÍTULO 6	
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	107
SÍMBOLOS	109
BIBLIOGRAFÍA	110
APÉNDICE	111

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1 ⁽¹⁾ INTRODUCCIÓN

1.1.1 ¿Que es la arqueología?

La arqueología es una ciencia social que estudia las sociedades humanas y sus transformaciones en el tiempo. Es una ciencia histórica y estudia al hombre como ente social así como su influencia sobre el medio. Es una disciplina que integra la información procedente del conocimiento de la Tierra (geología, geofísica y geografía) con datos provenientes de la biología (paleobotánica, paleozoología y paleoantropología) y, en consecuencia, la arqueología es un poderoso puente interdisciplinario de unión.

1.1.2 ¿Qué metas y objetivos persigue la arqueología?

De la misma manera que el astrónomo observa la actividad pretérita de cuerpos estelares ya extintos; el geólogo recrea la coreografía de las capas tectónicas, el vulcanismo, la formación de fallas y la orogenia a través del examen de estratos y rocas; el paleontólogo que, por medio del análisis de los fósiles infiere las formas de vida ya extintas, el arqueólogo es, ante todo, un observador de recurrencias. Podemos decir que el arqueólogo:

- 1) registra patrones repetitivos de conducta en las distribuciones de utensilios, construcciones y sitios;
- 2) reconstruye las actividades y las relaciones entre los grupos sociales;
- 3) observa la sucesión de sociedades de distinta complejidad a través del tiempo;
- 4) propone esquemas de cambio;
- 5) trata de explicar los factores que intervinieron en esas transformaciones y sus causas.

1.1.3 ¿Con que herramientas cuenta el arqueólogo en la actualidad?

Mucho ha cambiado desde las no tan lejanas épocas en que el arqueólogo se servía de únicamente de pala y pico. La escala regional de estudio permite una primera aproximación al estudio del pasado mediante la ubicación cartográfica de los sitios arqueológicos visibles en la superficie. A través de estudios aerofotográficos, fotogramétricos y de reconocimiento superficial, el arqueólogo define la extensión probable de los sitios con diferencias topográficas (montículos), de extensiones de fragmentos de cerámica y de piedras o áreas con arquitectura visible.

Actualmente, para el estudio regional el investigador cuenta también con la información procedente del procesamiento digitalizado de imágenes enviadas por satélite. Esta es usada para definir las características geomorfológicas, geológicas y ecológicas del terreno donde se asentaron las sociedades del pasado.

El arqueólogo puede definir estructuras sepultadas con ayuda de **fotografías aéreas de baja altitud**, magnetómetros, resistivímetros, sismógrafos, radares o aparatos de sondeo mecánico o eléctrico, etc. Para identificar las diferencias topográficas en el terreno de estudio se usan teodolitos, brújulas, planchetas y niveles.

Antes de elegir un área de excavación, como parte de esta radiografía preliminar se toman muestras de tierra y se les practican diversos análisis químicos que pueden brindar más datos de los materiales observados en la superficie.

La excavación arqueológica requiere de herramientas de diversos tamaños y de distintos grados de precisión. Por ejemplo, en los rellenos de las estructuras, los terraplenes de nivelación o los depósitos aluviales se emplean picos y palas para intentar remover grandes volúmenes de materiales. Sin embargo, cuando se trabaja en los pisos de construcciones antiguas para eliminar la tierra adherida a los materiales arqueológicos el arqueólogo utiliza brochas, pinceles, instrumentos de hueso, cucharillas, e incluso instrumental de dentista.

Una vez identificado el contexto arqueológico, es necesario registrar minuciosamente las asociaciones significativas, tal como se encuentran en la excavación: se toman medidas en ejes de coordenadas y en profundidad, se dibujan respecto a ejes de referencia y **se fotografian**. En formatos especiales se describen todos los rasgos característicos de cada asociación o estructura. Además se toman muestras asociadas a los materiales arqueológicos: por ejemplo, cuando se desea definir la taxonomía de los restos botánicos y los elementos traza que posee un yacimiento geológico de donde procede determinado material, el investigador llama a especialistas de otras disciplinas, quienes usan microscopios electrónicos de barrido, espectrómetros de masas, aceleradores y otras herramientas de tecnología avanzada.

Para fechar materiales arqueológicos se mandan a laboratorios de radiocarbono, termoluminiscencia, hidratación de obsidiana, dendrocronología u otras técnicas que permitan una ubicación histórica de los hechos.

Después de la descripción de cada vestigio es necesario integrar los datos, lo cual se logra con los mapas de distribución y estadísticas, que las computadoras realizan con gran fluidez. Sin embargo, para interpretar los resultados, la única herramienta que se utiliza es la inteligencia humana.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

1.2.1 Planteamiento de la necesidad

El proyecto torre para fotografía arqueológica, surge como respuesta a las necesidades del Laboratorio de Prospección Arqueológica (L.P.A.) del Instituto de Investigaciones Antropológicas (I.I.A.) de la U.N.A.M.

Para poder comprender mejor la aplicación de la torre, es necesario definir lo que es una prospección arqueológica.

⁽¹⁾ **La prospección arqueológica** es un término que normalmente se emplea para describir el uso de varias técnicas que, aplicadas a un sitio, sirven para determinar la ubicación de éste y de sus rasgos enterrados.

⁽²⁾ **La fotografía aérea como una técnica de prospección aplicada a la arqueología.**

El primer reconocimiento aéreo aplicado a la arqueología fue realizado alrededor de 1920. Después de la segunda guerra mundial, con el desarrollo de la aviación, se utilizó esta como medio para lograr fotografías aéreas de interés arqueológico. Esto permitió establecer la relación entre los hechos culturales que modifican las características del suelo y varios tipos de marcas en el suelo observables desde el aire.

A recientes fechas se han utilizado globos de helio para tomar fotos aéreas a baja altitud.

Quizá la característica más distintiva de la fotografía aérea sea su capacidad de abarcar grandes extensiones en una simple imagen y establecer la correlación entre rasgos que son imposibles de apreciar a nivel del suelo. Además, muestra patrones de distribución que facilitan la detección y delimitación de posibles sitios de estudio.

Como ya se ha mencionado esta labor se ha venido realizando mediante el uso de globos inflados con helio, y más recientemente mediante un dispositivo de tecnología francesa para la toma de imágenes de baja altura; del cual se muestra un catálogo en el apéndice.

Este dispositivo tiene fuertes desventajas. Por mencionar algunas diremos que: se requiere de un camión de 3.5[ton], el sistema es muy pesado y voluminoso, lo cual imposibilita su operación en zonas donde no es admisible el paso de un camión tan pesado (recordar que se está trabajando en un sitio arqueológico), es un producto extranjero de costo alto, con problemas futuros de mantenimiento. Por todo lo anteriormente expuesto se hace necesario desarrollar un dispositivo de tecnología nacional que pueda realizar esta labor de manera adecuada desde el punto de vista de quienes realizan la prospección arqueológica.

1.2.2 Definición del problema

El dispositivo debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Debe poderse transportar en un automóvil,
- Debe ser ligero,
- Fácil de utilizar,
- Seguro,
- Económico,
- Que se eleve hasta 8.5 [m] o más,
- La base no debe ocupar un área mayor de 1.5[m²],
- Se debe contar con un radio de 6[m] para la toma de imágenes.

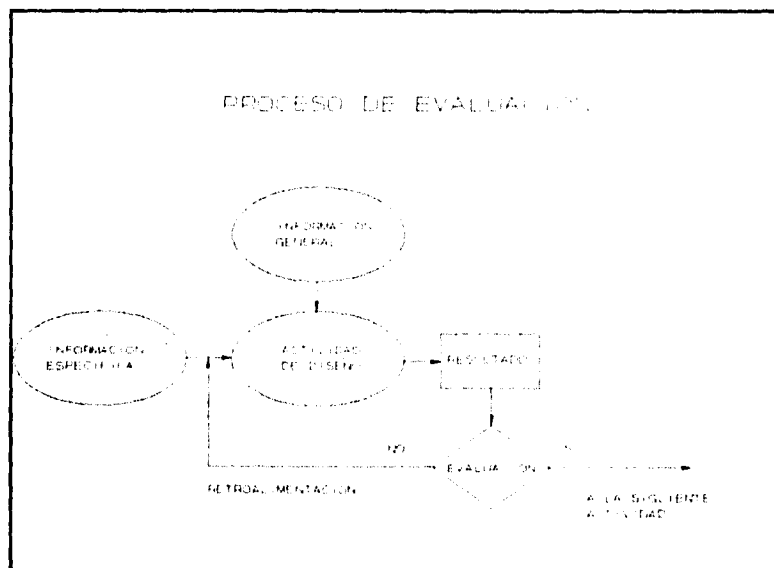
CAPÍTULO 2

DISEÑO CONCEPTUAL, CRITERIOS DE SELECCIÓN Y MODELADO

2.1 ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO CONCEPTUAL.

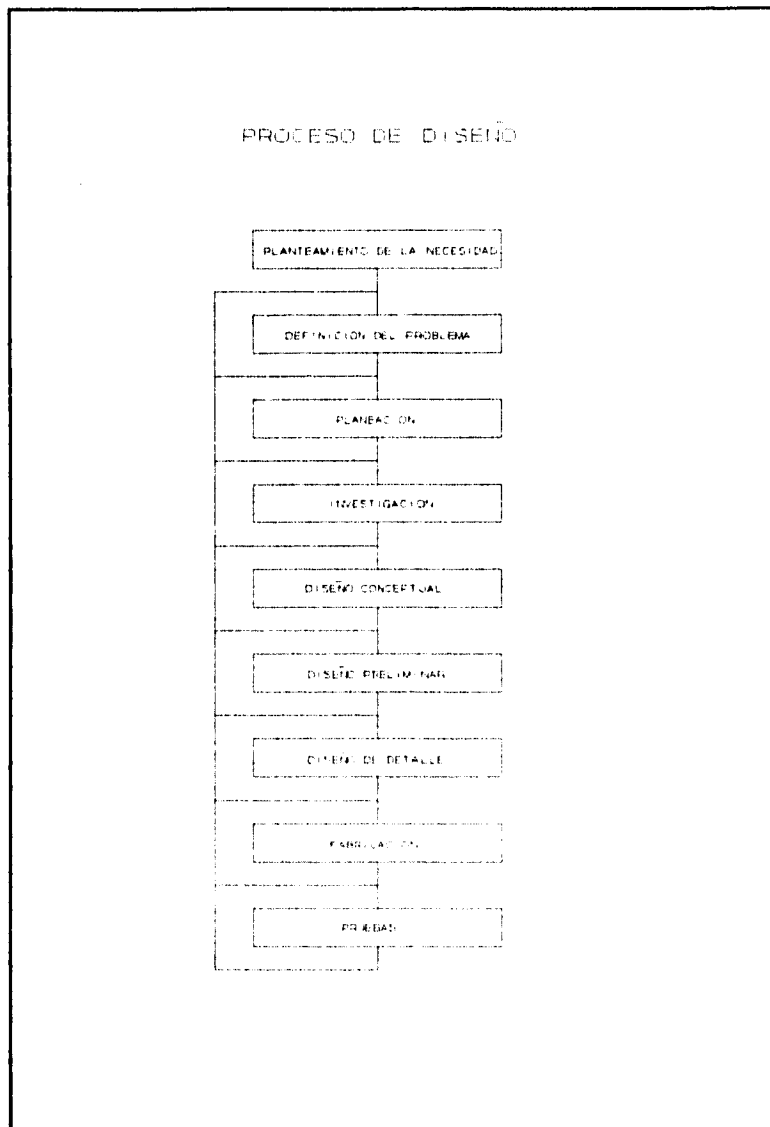
Primero comencemos con el concepto de diseño conceptual, al cual definiremos como la búsqueda y establecimiento de soluciones para problemas resueltos anteriormente de manera diferente, o problemas no resueltos con anterioridad.

A continuación mostramos el proceso de evaluación (ilustración 1).



Ilustr. 1

Dentro del proceso de diseño tenemos el siguiente resumen de pasos a seguir (ver ilustración 2):



Ilustr. 2

Ahora entremos al proceso de la selección de las opciones del diseño.

Una decisión se toma, principalmente, con base en los siguientes elementos:

- Datos disponibles.
- Conocimientos.
- Experiencia.
- Análisis.
- Juicio.

Los datos deben de ser considerados con mucho cuidado para obtener su real significado, para tal efecto es bueno revisar opiniones con asociados de experiencia.

El último y más importante elemento en el proceso de la decisión es el buen juicio, y aunque no podemos describirlo con exactitud lo podemos considerar como el conjunto de los procesos mentales de la persona. Un aspecto importante del buen juicio es el entender claramente las realidades de la situación.

Como resumen de los aspectos de la toma de decisiones tenemos enseguida los pasos a seguir para tomar una decisión.

- Los objetivos de una buena decisión deben de ser los primeros que se definen.
- Los objetivos deben de ser clasificados según su orden de importancia.
- Se deben de pensar acciones alternativas.
- Las alternativas deben de evaluarse frente a los objetivos.
- La selección de una alternativa debe de tener la mejor promesa de llevar a cabo todos los objetivos de la tentativa de solución.
- La tentativa de solución debe de ser analizada para posibles consecuencias futuras adversas.
- El efecto de la decisión final es controlado entre otras acciones para poder prevenir las posibles consecuencias adversas.

La información recopilada para el diseño, puede ser organizada en forma de una matriz de decisión, la cual nos proporcionará los datos cuantitativos para una toma de decisión.

Primero colocaremos en forma tabular verticalmente las alternativas de solución, y horizontalmente los criterios de selección con sus respectivos porcentajes de importancia.

Después, en la zona de la intersección de la alternativa con su criterio correspondiente realizaremos el producto de la calificación asignada a la alternativa por el correspondiente porcentaje de importancia, con estos productos se van acumulando porcentajes totales de los cuales, el que tenga el valor más alto será la mejor opción.

Enseguida tenemos en la tabla 2.1 la ejemplificación de la matriz de decisión:

Tabla 2.1

Criterio	Criterio 1 %	Criterio 2 %	Criterio 3 %
Alternativa			
Alternativa 1	calificación/%	"	"
Alternativa 2	"	"	"
Alternativa 3	"	"	"

Ahora, según como las alternativas cumplan con los criterios, se les asignaran las calificaciones, tal y como se especifica a continuación:

100	completa satisfacción.
90	satisfacción en los aspectos importantes.
75	satisfacción considerable.
50	satisfacción moderada.
25	satisfacción menor.
10	satisfacción mínima.
0	satisfacción nula.

Este es el método que se utilizará para la selección de los sistemas de la torre para fotografía arqueológica.

2.2 ANÁLISIS DE DISEÑO CONCEPTUAL POR SISTEMAS.

Para facilitar el diseño consideremos la división de la torre en los siguientes sistemas:

- 1) Sistema de columna.
- 2) Sistema de soporte (tripie).
- 3) Sistema de giro de la(s) cámara(s).
- 4) Sistema de soporte de la(s) cámara(s) (travesaño).

2.2.1 1) Sistema de columna

El sistema de columna es aquel que se va a encargar de elevar la(s) cámara(s) hasta la altura requerida (8.5[m] sobre el nivel del piso), cuando el dispositivo no se encuentre en uso debe de tener un tamaño el cual pueda caber en un auto.

Especificaciones:

- El sistema debe de ser capaz de desplegarse hasta una altura de 8.5[m] o más.
- El equipo debe de ser tan ligero que una persona pueda transportarlo con facilidad.
- Debe de tener un tamaño tal que pueda ser transportado en un auto.
- Debe de ser lo bastante rígido para permitir la buena calidad de las fotografías y los videos.

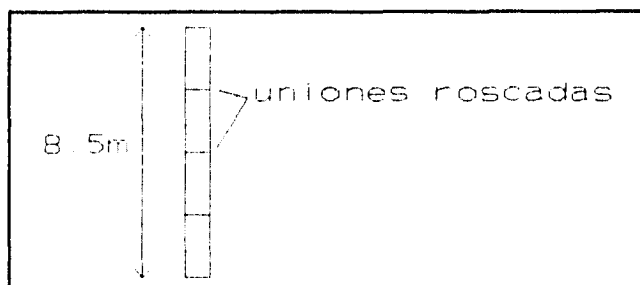
Restricciones:

- Los materiales a utilizar en el sistema de columna deben de ser disponibles comercialmente en México.
- El sistema de columna debe de ser lo más sencillo posible ya que lo armará una persona sin conocimientos de mecánica.

-El sistema debe de ensamblarse sin mucho esfuerzo ya que generalmente lo armará una sola persona.

Alternativas de solución:

Alternativa 1. Columna de tubos atornillables del mismo diámetro: este sistema supone la división de la columna en varios tramos del mismo diámetro con roscas en los extremos de manera que se puedan atornillar manualmente para después levantarla (ver ilustración 3)



Ventajas:

- Sistema económico.
- Buena rigidez.
- Bajo costo

Ilustr. 3

Desventajas:

- Difícil armado.
- Muy difícil levantamiento.
- No muy ligero

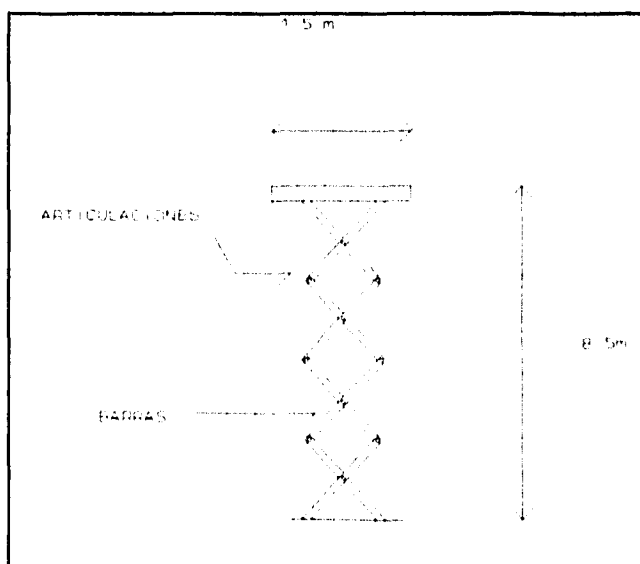
Alternativa 2. Sistema de barras acopladas de extensión activadas mediante un sinfín: este sistema se compondría de un arreglo de sistemas de 4 barras acopladas entre si, que al extenderse alcancen la altura deseada (ver ilustración 4).

Ventajas:

- Fácil extensión.
- Tamaño aceptablemente compacto.

Desventajas:

- Alto peso.
- Baja estabilidad para tomar las fotografías.
- Necesidad de muchos elementos y maquinados.
- Alto costo

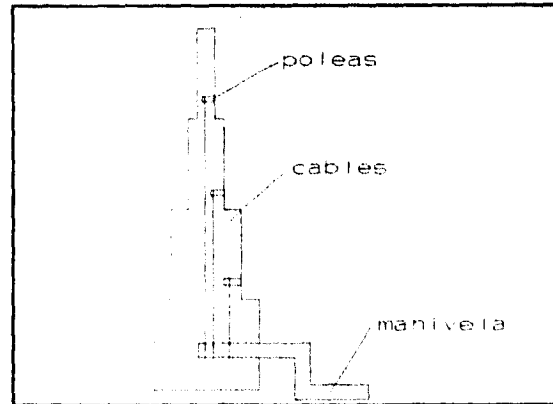


Ilustr. 4

Alternativa 3. Torre de tubos concéntricos (sistema telescópico) activado con poleas: en este sistema la extensión total de la torre esta contenida en un solo paquete de tubos concéntricos el cual puede elevarse a la altura deseada mediante un sistema de poleas como se muestra (ver ilustración 5).

Ventajas:

- Bajo peso.
- Tamaño compacto.
- Buena rigidez.
- Facilidad de armado (casi nula).
- Facilidad de elevación.
- Bajo costo



Ilustr. 5

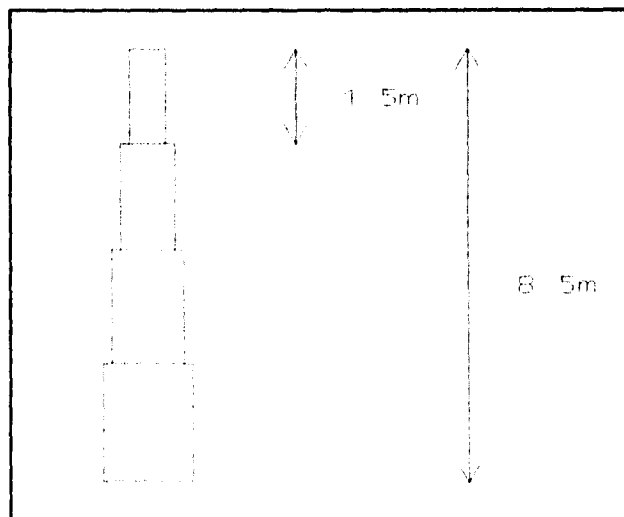
Desventajas:

- Problemas de espacio para la colocación de las poleas interiores
- Problemas de concentración excesiva de esfuerzos.

Alternativa 4. Sistema de tubos concéntricos (sistema telescópico) activado por presión de aire: en este sistema la extensión total de la torre está contenida en un solo paquete de tubos concéntricos el cual puede elevarse a la altura deseada mediante la aplicación de presión de aire con un compresor, como se muestra (ver ilustración 6).

Ventajas:

- Bajo peso
- Buena velocidad de elevación
- Menor trabajo manual
- Buena rigidez
- Facilidad de armado



Ilustr. 6

Desventajas:

- Necesidad de elementos de sellado
- Necesidad de equipo de compresión de aire
- Necesidad de fuente de alimentación eléctrica
- Costo realtivamente elevado

Para la matriz de decisión del sistema de columna se tienen los siguientes criterios de selección con sus respectivos porcentajes de impacto.

- Facilidad de armado (15%).
- Bajo peso (30%).
- Tamaño compacto (30%).
- Económico (10%).
- Facilidad de fabricación (15%).

Tabla 2.2

Matriz de decisión del sistema de columna

	Facilidad de armado (15%)	Bajo Peso (30%)	Tamaño compacto (30%)	Economía (10%)	Facilidad de fabricación(15%)	Total
Alt 1	75/11.25	75/22.5	50/15	90/9	100/15	72.75
Alt 2	90/13.5	25/7.5	50/15	50/5	40/6	47
Alt 3	100/15	90/27	80/24	75/7.5	60/9	82.5
Alt 4	100/15	90/27	90/27	75/7.5	80/12	88.5

Como se ve en la tabla 2.2 se elige el sistema de tubos concéntricos accionados mediante presión de aire.

2.2.2 2) Sistema de soporte

Este sistema tiene la función de mantener la posición vertical de la torre en todo su ciclo de trabajo.

Especificaciones:

- El sistema debe de mantener la vertical de la torre.
- El sistema debe de ser de fácil accionamiento.

Restricciones:

- El sistema no debe de ocupar un área mayor a 1.5 [m²] alrededor de la torre.
- El sistema se debe de adaptar a todo tipo de terreno.

-El sistema, en lo posible, no debe dañar el terreno en que se coloca.

Alternativas de solución:

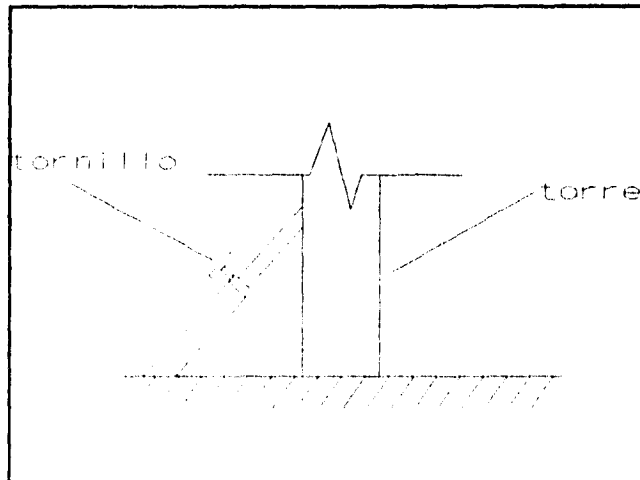
Alternativa 1. Patas de tripie activadas manualmente: este sistema propone un tripie desarmable el cual será colocado y ajustado por la persona al llegar al lugar de trabajo (ver ilustración 7).

Ventajas:

- Ligereza.
- Simplicidad.

Desventajas:

- Inseguridad.



Ilustr. 7

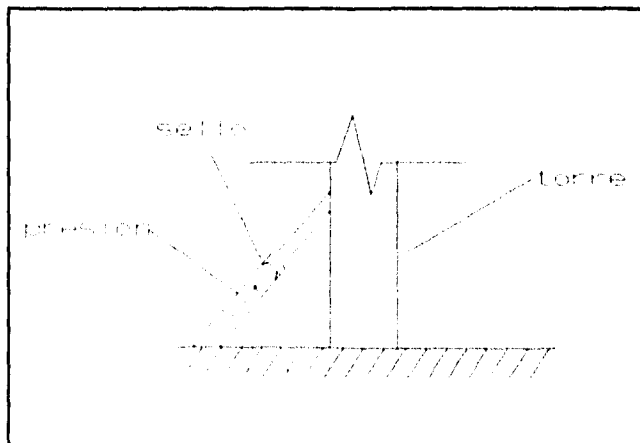
Alternativa 2. Patas de tripie activadas neumáticamente: este sistema pretende que la presión de aire necesaria para la elevación de la torre se aproveche para realizar con ella la colocación y fijación de las patas al piso. También se prevee que manteniendo la presión controlada se equilibren los acomodamientos del terreno (ver ilustración 8).

Ventajas:

- Seguridad.
- Ligereza.
- Simplicidad.

Desventajas:

- Necesidad de sistemas de sellos.
- Posibilidad de fugas.



Ilustr. 8

Para la matriz de decisión del sistema de soporte se tienen los siguientes criterios de selección con sus respectivos porcentajes de impacto.

- Seguridad 60%
- Ligereza 20%
- Simplicidad 20%

Tabla 2.3

Matriz de decisión del sistema de soporte

	Seguridad (60%)	Ligereza (20%)	Simplicidad (20%)	Total
Alt. 1	50/30	50/10	75/15	55.0
Alt. 2	90/54	90/18	90/18	90

Como se ve en la tabla 2.3 se elige el sistema de tripie neumático.

2.2.3 3) Sistema de giro de la(s) cámara(s).

Este sistema tiene la función de proporcionar el giro al sistema de soporte de la(s) cámara(s), para tomar imágenes en diferentes posiciones.

Especificaciones:

- El sistema debe de poder girar 360 grados en ambos sentidos.
- El sistema debe de ser ligero.
- El sistema debe de ser seguro.

Restricciones:

- El sistema debe de poder accionarse desde el nivel del piso.
- El sistema debe girar a baja velocidad (aprox. 1 [rpm]).

Alternativas de solución:

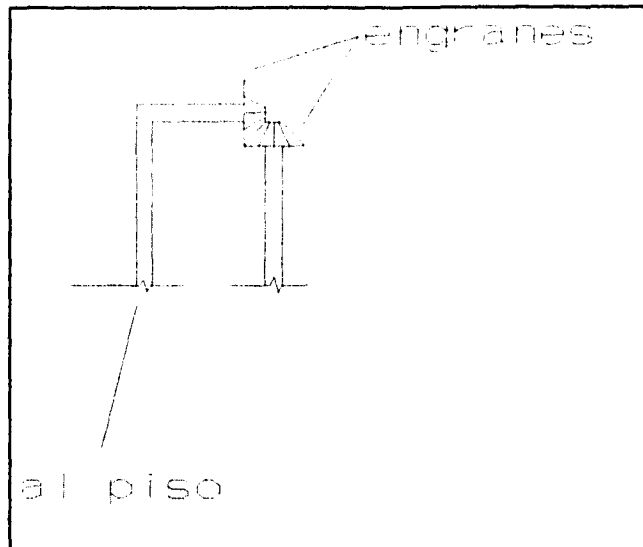
Alternativa 1. Sistema de engranes activado manualmente: este sistema pretende mediante un sistema de engranes activado desde el piso, girar la torre (ver ilustración 9).

Ventajas:

- Bajo costo.

Desventajas:

- Baja seguridad de operación.
- Alto peso.
- Dificultad en el maquinado de los engranes.



Ilustr. 9

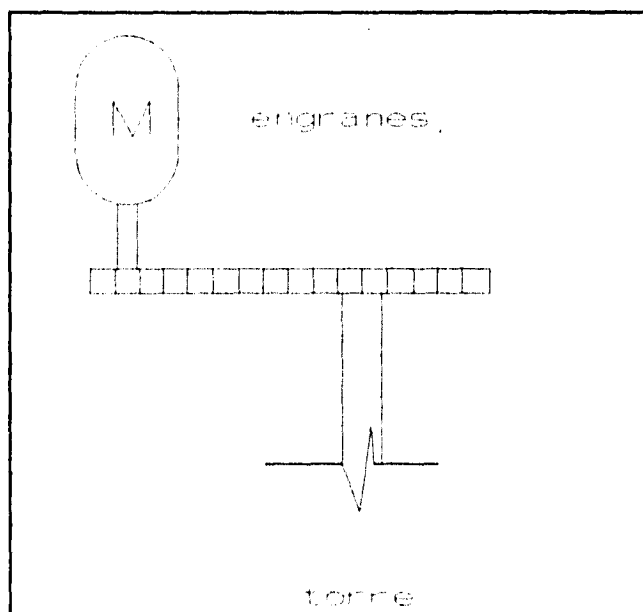
Alternativa 2. Sistema motoreductor eléctrico activado a control remoto: este sistema al igual que el anterior pretende girar al sistema de soporte de la(s) cámara(s) por medio de un motoreductor activado a control remoto mediante baterías (ver ilustración 10).

Ventajas:

- Seguro.
- Bajo peso.
- Sencilla fabricación.
- Tamaño compacto.
- Facilidad de control.

Desventajas:

- Mayor costo que el anterior.



Ilustr. 10

Para la matriz de decisión del sistema de giro de la(s) cámara(s) se tienen los siguientes criterios de selección con sus respectivos porcentajes de impacto.

- Ligereza(40%).
- Seguridad(40%).
- Simplicidad(10%).
- Tamaño compacto(10%)

Tabla 2.4

Matriz de decisión del sistema de giro de la(s) cámara(s)

	Ligereza (40%)	Seguridad (40%)	Simplicidad (10%)	Tamaño compacto (10%)	Total
Alt 1	50/20	50/20	50/5	75/7.5	52.5
Alt 2	90/36	90/36	50/5	90/9	86.0

Como se ve en la tabla 2.4 se elige el sistema de engranes accionado a control remoto.

2.2.4 4) Sistema de soporte de la(s) cámara(s).

Especificaciones:

- El sistema debe tener la rigidez necesaria para la buena calidad de la toma de imágenes.
- Debe extenderse hasta una longitud de 4.5[m].
- Debe seccionarse en tramos no mayores a 1.5[m].
- Debe ofrecer estabilidad a la columna.

Restricciones:

- Debe ser ligero.
- Debe ser fabricado con materiales disponibles comercialmente en México.
- Debe ser fácil de armar.

Alternativas de solución:

Alternativa 1. Travesano de sección cuadrada (sólido): Este sistema consiste de una serie de tramos de barra cuadrada de aluminio que al unirse mediante tornillo den la longitud deseada.

Ventajas:

- Alta rigidez.
- Fácil armado.

Para la matriz de decisión del sistema de giro de la(s) cámara(s) se tienen los siguientes criterios de selección con sus respectivos porcentajes de impacto.

- Ligereza(40%).
- Seguridad(40%).
- Simplicidad(10%).
- Tamaño compacto(10%)

Tabla 2.4

Matriz de decisión del sistema de giro de la(s) cámara(s)

	Ligereza (40%)	Seguridad (40%)	Simplicidad (10%)	Tamaño compacto (10%)	Total
Alt 1	50/20	50/20	50/5	75/7.5	52.5
Alt 2	90/36	90/36	50/5	90/9	86.0

Como se ve en la tabla 2.4 se elige el sistema de engranes accionado a control remoto.

2.2.4 4) Sistema de soporte de la(s) cámara(s).

Especificaciones:

- El sistema debe tener la rigidez necesaria para la buena calidad de la toma de imágenes.
- Debe extenderse hasta una longitud de 4.5[m].
- Debe seccionarse en tramos no mayores a 1.5[m].
- Debe ofrecer estabilidad a la columna.

Restricciones:

- Debe ser ligero.
- Debe ser fabricado con materiales disponibles comercialmente en México.
- Debe ser fácil de armar.

Alternativas de solución:

Alternativa 1. Travesano de sección cuadrada (sólido): Este sistema consiste de una serie de tramos de barra cuadrada de aluminio que al unirse mediante tornillo den la longitud deseada.

Ventajas:

- Alta rigidez.
- Fácil armado.

Desventajas:

- Alto peso.
- Alto costo.

Alternativa 2. Travesaño de tubos redondos de aluminio, atornillables con atirantamiento: Este sistema consiste en una serie de tramos de tubos los cuales se pueden acoplar atornillando el uno al otro para lograr la longitud deseada; para conferir mayor rigidez a este sistema los tramos deberán ir atirantados hacia el extremo superior de la columna.

Ventajas:

- Rigidez a bajo peso.
- Bajo costo.
- Facilidad de armado.
- Facilidad de fabricación.

Desventajas:

- Fragilidad.

Para la matriz de decisión del sistema de soporte de la(s) cámara(s) se tienen los siguientes criterios de selección con sus respectivos porcentajes de impacto.

- Ligereza (50%).
- Rigidez (30%).
- Facilidad de armado (20%).

Matriz de decisión.

Tabla 2.5.

	Ligereza (50%)	Rigidez (30%)	Facilidad de armado (20%)	Total
Alt 1	30/15	70/21	50/10	46
Alt 2	90/45	60/18	70/14	77

Como se ve en la tabla 2.5 se elige la alternativa 2.

Desventajas:

- Alto peso.
- Alto costo.

Alternativa 2. Travesaño de tubos redondos de aluminio, atornillables con atirantamiento: Este sistema consiste en una serie de tramos de tubos los cuales se pueden acoplar atornillando el uno al otro para lograr la longitud deseada; para conferir mayor rigidez a este sistema los tramos deberán ir atirantados hacia el extremo superior de la columna.

Ventajas:

- Rigidez a bajo peso.
- Bajo costo.
- Facilidad de armado.
- Facilidad de fabricación.

Desventajas:

- Fragilidad.

Para la matriz de decisión del sistema de soporte de la(s) cámara(s) se tienen los siguientes criterios de selección con sus respectivos porcentajes de impacto.

- Ligereza (50%).
- Rigidez (30%).
- Facilidad de armado (20%).

Matriz de decisión.

Tabla 2.5.

	Ligereza (50%)	Rigidez (30%)	Facilidad de armado (20%)	Total
Alt 1	30/15	70/21	50/10	46
Alt 2	90/45	60/18	70/14	77

Como se ve en la tabla 2.5 se elige la alternativa 2.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE DETALLE

3.1 SISTEMA DE COLUMNA

3.1.1 Definición de los materiales del sistema de columna

Como se analizó con anterioridad, el sistema de columna es un sistema telescópico mediante el cual se divide la altura total de la torre en tramos de longitud adecuada; es decir, no se debe dividir en muchos tramos ya que aunque esto haría pequeños los tramos y por tanto más compacto el telescopio, aumentaría el peso del mismo. Por otra parte si se hacen demasiado grandes los tramos del telescopio se disminuye el peso del mismo, a cambio de aumentar el tamaño de este. Debemos de tener en cuenta que se tiene la restricción de que la torre debe de caber en un auto, debido a lo cual el tamaño mayor de los tramos del telescopio debe de cumplir con esta condición.

Si tenemos 6 tramos de 1.5 [m] cada uno, tendremos un total de 9 [m] lo cual nos da la altura necesaria para el sistema, más una altura extra necesaria para los traslapes.

Ahora, para la fabricación del sistema tenemos disponibles comercialmente los tubos de aluminio que se muestran en la tabla 3.1. Se eligen tubos de aluminio ya que se requiere que el cuerpo sea lo mas ligero posible y las tuberías existentes comercialmente son de acero, aluminio, latón, bronce y cobre, y de estas las mas ligeras son las de aluminio. A continuación tenemos la tabla 3.1 con las especificaciones de las tuberías de aluminio disponibles comercialmente.

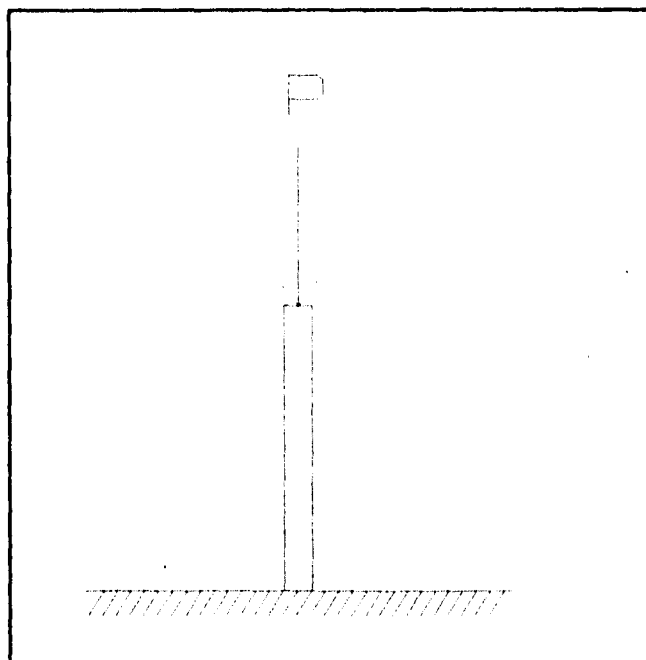
Tabla 3.1

D.exterior [mm][pulg.]	Espesor de pared [mm]	Peso [kg/m]
38.1 (1.5)	1.65	0.512
50.8 (2)	1.27	0.540
76.2 (3)	1.27	0.81
101.6 (4)	1.27	1.09
127 (5)	1.32	1.41
152.4 (6)	1.47	1.89
203.2 (8)	1.62	2.8

Con los tubos comerciales anteriormente descritos, se fabricarán los tramos del telescopio, además de los tramos del travesaño superior de la manera indicada en el diseño conceptual.

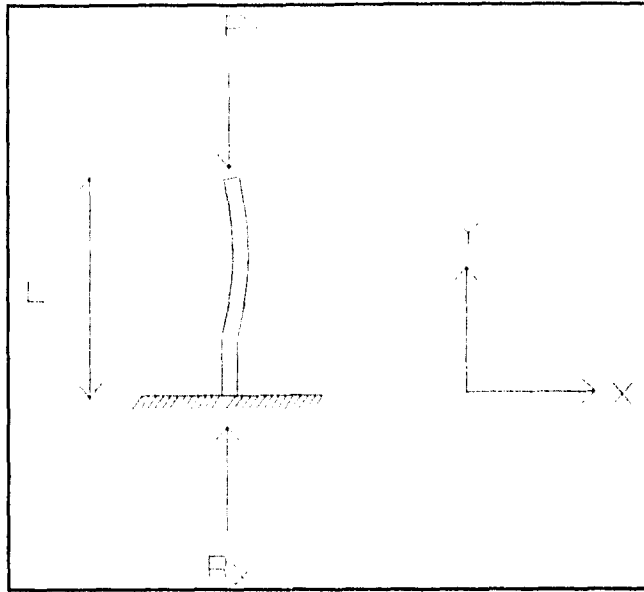
3.1.2 Análisis de pandeo

Como se aclara en el subtema 3.4, el travesaño tiene que ser contrapesado y atirantado, entonces los momentos sobre el poste de sostén están equilibrados y por lo tanto podemos considerar la torre como una columna cargada axialmente (se puede considerar a un elemento como una columna cuando su ^(s)longitud es 10 veces mayor a su diámetro) como se muestra en la ilustración 11.



Ilustr. 11

Para nuestro caso, podemos considerar la torre como una columna cargada axialmente con ^(s)un extremo empotrado y el otro libre (se considera que la sujeción de la base o sistema de soporte es lo bastante rígido para poder afirmar que un extremo está empotrado). Entonces podemos representar a la torre por el siguiente diagrama de cuerpo libre (ver ilustración 12).



Ilustr. 12

La carga máxima permisible para columnas la podemos obtener mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2} \quad \text{-----3.1}$$

Donde:

- P : Fuerza axial máxima.
- E : Módulo de elasticidad.
- I : Momento de inercia de la sección transversal.
- L : Longitud de la columna
- L_e : Longitud equivalente, que es un parámetro que depende de los tipos de apoyo de la columna, para nuestro caso $L_e = 0.7L$

Si consideramos que la ecuación anterior solo se aplica a las columnas de sección constante, y teniendo en cuenta que la columna cambia de diámetro, se tienen que hacer algunas suposiciones para el análisis. Para realizar el análisis consideremos a la columna de sección constante, haciendolo para cada uno de los diámetros de tubo que componen el telescopio y de la longitud total de la torre. De la anterior suposiciones es visible que la condición más crítica es cuando se considera a la columna del diámetro menor.

Considerando que los tubos son de aluminio con las siguientes características:

Aluminio ⁽⁴⁾A03330T5
 Módulo de elasticidad ⁽⁴⁾E = 5.6 [GPa]
 L = 8.5[m]

Solo resta obtener la longitud equivalente para poder aplicar la ecuación 3.1.

$$L_e = 0.7 L \text{ -----3.2}$$

Sustituyendo datos:

$$L_e = 0.7(8.5 \text{ [m]})$$

$$L_e = 5.95 \text{ [m]}$$

Ahora Sustituyendo los valores de E , L, L_e y la constante π en la ecuación 3.1:

$$P = \pi^2 (5.6 \times 10^9)(I)/(5.95)^2$$

$$P = I(1.56 \times 10^9) \text{ [N]} \text{ -----3.3}$$

Se procede al calculo del momento de inercia de la sección transversal de cada tubo.

$$I = \pi(D^4 - d^4)/64$$

Donde:

D=Diámetro mayor del tubo.

d=Diámetro menor del mismo (los datos se obtendrán de la tabla 3.1).

I=Momento de inercia.

Ahora sustituyendo los diferentes valores de momento de inercia de los diferentes tubos de 2,3,4,5,6 y 8 [pulg] (tabla 3.1) en la ecuación 3.3, formamos la tabla 3.2 en la que tenemos las máximas cargas permisibles para columnas de la longitud total de la torre en los diferentes diámetros.

Tabla 3.2

Tramo	D[mm]	d[mm]	I [m ⁴ x10 ⁻⁸]	P[N]	P[kg]
1	50.8	48.26	6.06	94.5	9.63
2	76.2	73.66	20	312.0	31.80
3	101.6	99.06	50	780.0	79.50
4	127	124.36	102	1591.0	162.18
5	152.4	149.46	198	3088.0	314.78
6	203.2	199.96	521	8127.0	828.40

Ahora si consideramos la carga de la torre como:

P de la torre=(W travesaño+W equipo de video+W contrapeso)

$$P=(1.5 \text{ [kg]}+1.5\text{[kg]}+4.5\text{[kg]})=7.5\text{[kg]}$$

Si comparamos este valor con los valores de las cargas críticas permisibles de los tramos de tubo, es visible que una columna del tubo de menor diámetro soporta la carga (aunque en estas condiciones estaría trabajando en forma insegura), con base en esto podemos inferir que una columna telescópica (compuesta de tramos de 1.5 [m] en diferentes diámetros) soportará la carga y brindará una operación más segura.

3.1.3 Análisis de estabilidad de la columna.

Comencemos por hacer un análisis del peso aproximado de la columna, del cual se muestran los resultados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3

Tramo	1	2	3	4	5	6	Total
Peso[kg]	0.94	1.38	1.76	2.24	2.96	4.33	13.61 [kg]

Ahora, hagamos un análisis del momento con respecto a cualquiera de las patas, además consideremos la condición crítica en la que el travesaño no se encuentra contrapesado, con lo cual tenemos el siguiente D.C.L. (ver ilustración 13).

Realizando el análisis de momento en sentido antihorario con respecto al punto "A", consideremos positivo el momento en sentido antihorario.

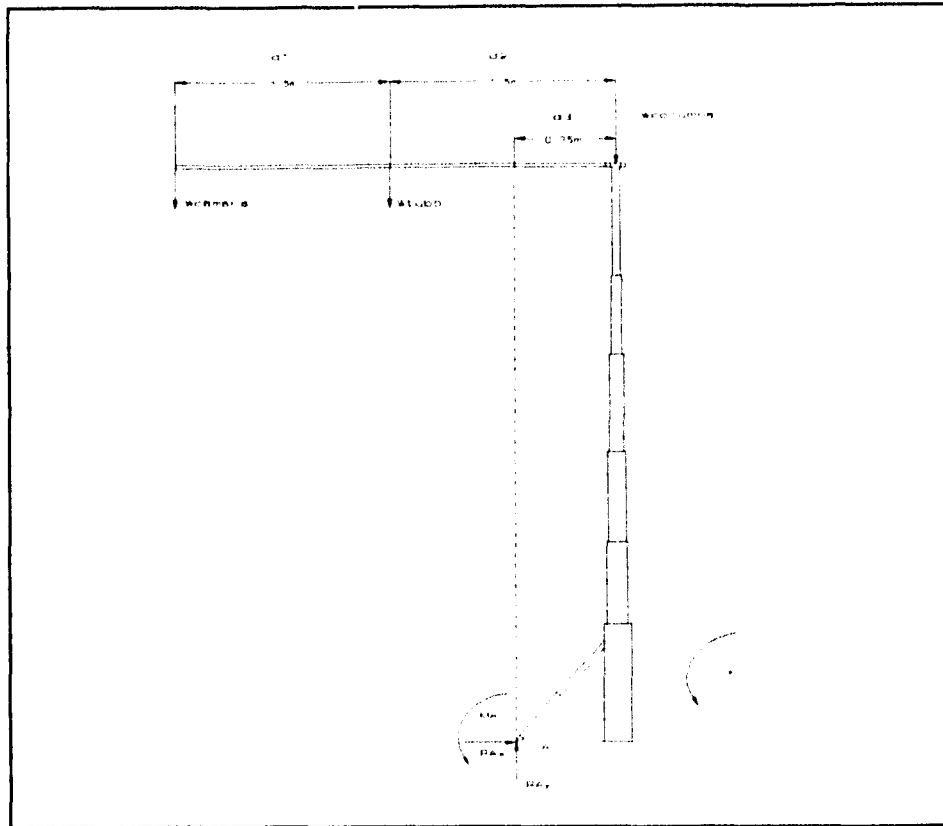
$$M_A = W_{\text{cámara}}((d_1+d_2)-d_3) + W_{\text{tubo}}(d_2-d_3) \text{ -----3.4}$$

Sustituyendo valores:

$$M_A=(1.5\text{[kg]})(3\text{[m]}-.75\text{[m]})+(1.536\text{[kg]})(1.5\text{[m]}-.75\text{[m]})$$

$$M_A=3.375 \text{ [kg.m]}+1.512 \text{ [kg .m]}$$

$$M_A=4.887 \text{ [kg . m]}$$



Realizando el análisis de momentos en sentido horario respecto al punto "A":

$$M_A = W_{\text{columna}}(d_2) \text{-----} 3.5$$

Sustituyendo valores:

$$M_A = -(13.61 \text{ [kg]})(.75 \text{ [m]})$$

$$M_A = -10.17 \text{ [kg .m]}$$

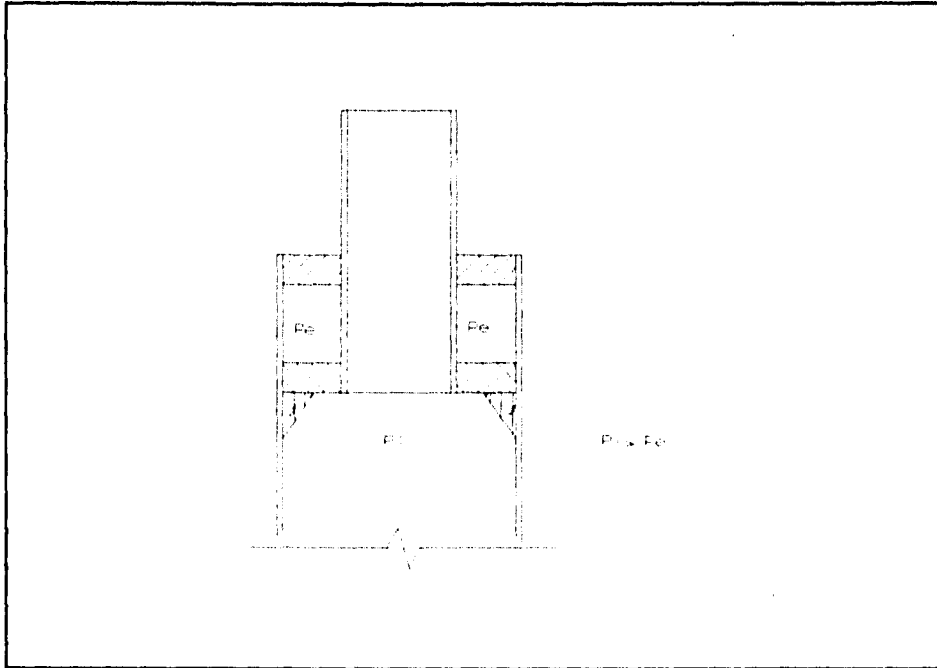
Por lo tanto observando que el momento de la columna es mayor que el del travesaño, la torre sin contrapeso no se voltea pero esta cerca del límite de que esto suceda, por lo cual es más seguro contrapesar la torre, esto se hace, además, para que la torre se pueda considerar una columna cargada axialmente.

Con los datos de las tuberías comerciales antes proporcionados se procede al diseño de los elementos necesarios para el acoplamiento de las partes del telescopio tales como los émbolos, los anillos y límites de carrera, etc.

3.1.4 Diseño de los elementos de el sistema de columna.

Comencemos por hacer una breve descripción de los elementos necesarios para este sistema.

Para lograr que la columna ensamblada telescopicamente logre subir mediante la presión de aire necesitamos crear diferencias de presión, de la parte interna del telescopio al exterior, estas diferencias de presión nos proporcionarán las diferencias de fuerzas necesarias para la elevación de la torre, como se muestra en el siguiente diagrama (ver ilustración 14).



Ilustr. 14

Para poder generar la diferencia de presiones que nos permita elevar la torre, se hace necesario implementar un sistema de sellado para que cada tramo se mueva como un émbolo; adicionalmente se hace necesario implementar un dispositivo que limite la carrera de los tramos hasta la longitud máxima de cada tramo. En conjunto este sistema va a constar de 4 piezas:

- 1) Límite de carrera (incluye un limpiador de la tubería).
- 2) Émbolo.
- 3) Empaque de copa.
- 4) Anillo.

Nota: Consulte el plano de fabricación No.2.

3.1.5 Dimensionamiento de los límites de carrera y de los émbolos.

De experimentaciones en el torno donde se piensan fabricar las piezas, se decide determinar la altura de los límites de carrera y émbolos en 1.5[pulg], por que esta altura nos permitirá una sujeción adecuada en el torno.

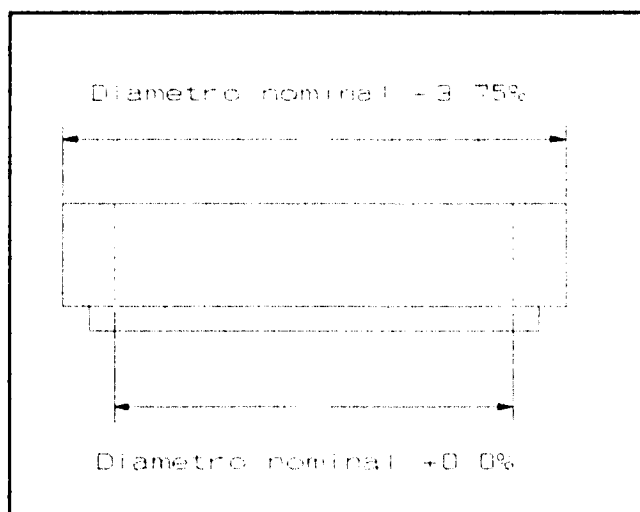
3.1.6 Determinación de los ajustes de los límites de carrera y émbolos.

Para la determinación de los ajustes de los límites de carrera y los émbolos se recurre a la experimentación en el torno de diferentes ajustes, ya que de los ajustes estandarizados no se obtuvieron buenos resultados (tales ajustes se trababan al colocarlos y quererlos hacer correr, debido a las deformaciones de las tuberías).

Nota: Los ajustes que se muestran a continuación están dados en términos del porcentaje del diámetro nominal del tubo correspondiente.

-El ajuste para los émbolos en su parte exterior será de -3.65% (ajuste de deslizamiento). (ver ilustración 15)

-El ajuste para los émbolos en su parte interior es un ajuste de oposición de 0% . (ver ilustración 15)

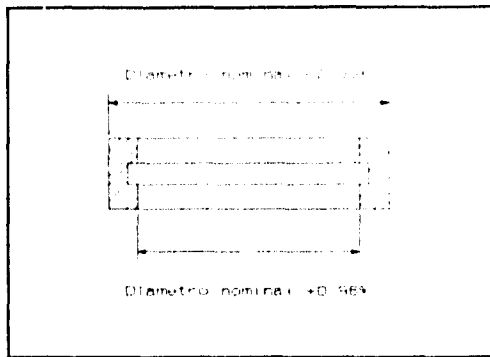


Ilustr. 15

-El ajuste para los límites de carrera en su parte externa es de -2.33% , ajuste de deslizamiento. (ver ilustración 16)

-El ajuste para la caja en la parte interna es de $+0.96\%$, ajuste de deslizamiento. (ver ilustración 16)

Con los anteriores datos de ajustes solo nos hacen falta los datos para los alojamientos de los anillos limpiadores, los cuales están predeterminados por los fabricantes de los mismos. Estos datos se muestran en el manual de Parker Seal de México que se encuentra en el apéndice. Se procede ahora al diseño total de los límites de carrera y émbolos.



Ilustr. 16

3.1.7 Elementos de fijación del sistema de columna.

En el caso de los émbolos, se decidió utilizar remache pop para la fijación. La razón es que con la cabeza plana del remache evitamos interferencia con las otras piezas del sistema (ver plano de fabricación 4-B).

Cálculo del número mínimo de remaches para cada émbolo.

Comencemos planteando la ecuación de la fuerza que experimenta un tramo cualquiera de tubería:

$$F_i = A_i P \text{-----} 3.6$$

Donde:

F_i = Fuerza experimentada en el i ésimo tramo de la columna.

A_i = Área proyectada del i ésimo tramo de la columna.

P = Presión nominal de trabajo de la columna (ver sección 3.1.8).

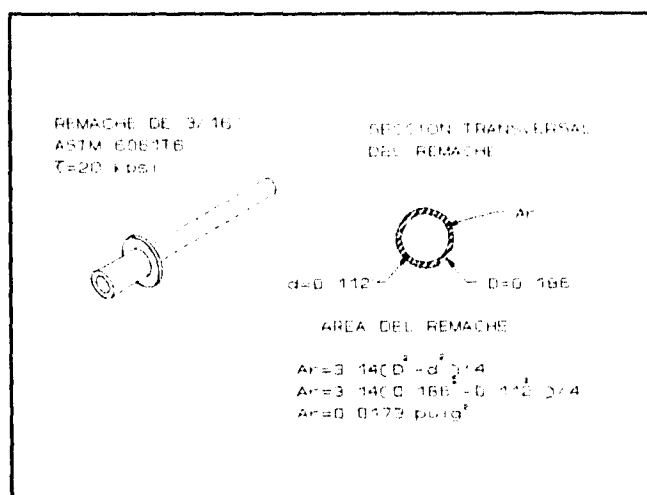
$$P = 32.82 \text{ [psi]}$$

Ahora, considerando el uso de remaches con las siguientes dimensiones (ver figura 17):

Como se muestra en la ilustración 17 el área de la sección transversal del remache (A_r) es de 0.0173 [pulg²] y el esfuerzo cortante máximo $\tau = 20$ [kpsi].

Con estos valores obtenemos ahora la fuerza máxima (F_{max}) que soporta un remache:

$$F_{max} = \tau A_r$$



Ilustr. 17

Sustituyendo valores:

$$F_{max} = (20,000)(0.0173)$$

$$F_{max} = 346 \text{ [lb]}$$

Para calcular el número mínimo de remaches del iésimo tramo ($N_{r,i}$) aplicamos la siguiente ecuación:

$$N_{r,i} = F_i / F_{max} \text{ ----- } 3.7$$

Sustituyendo valores en las ecuaciones 3.6 y 3.7 obtenemos el número mínimo de remaches para cada tramo (N_r). Los valores se expresan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4

No. tramo	Diámetro nominal [pulg]	Área [pulg ²]	F_i [lb]	N_r
1	2	3.14	103	0.29
2	3	7.06	232	0.67
3	4	12.56	412	1.19
4	5	19.60	644	1.86
5	6	28.27	928	2.68

El número de remaches que se expresa en la tabla es el mínimo; para fines prácticos es necesario considerar un número mayor con el fin de darle un rango de seguridad mayor por posibles problemas de: impacto, fatiga, flexión y aumentos inesperados en la presión. A su

vez debe considerarse un número tal que permita que la fuerza se ejerza de manera uniforme en la zona de la unión de la tubería con su correspondiente émbolo. El número de remaches para cada émbolo se muestra en su correspondiente plano de fabricación.

Para fijar los límites de carrera se decidió utilizar tornillos de latón. En primer lugar se usarán tornillos porque nos ofrecen un medio de fijación sencillo, por otra parte se decidió que fueran de latón por ser este un metal de baja dureza. (ver plano de fabricación 4-A).

Cálculo del número mínimo de tornillos.

Como en el caso de los remaches, comencemos planteando la ecuación de la fuerza que experimenta un tramo cualquiera de tubería (ecuación 3.6):

$$F_1 = A_1 P$$

Proponemos el uso de tornillos de 1/4 [pulg] de diámetro de latón con las siguientes características:

Área efectiva: ${}^{(3)}A_e = 0.0318$ [pulg₂]

Material: Latón ASTM B16, ${}^{(3)}\sigma_y = 44$ [kpsi], $\tau = 22$ [kpsi]

Rosca UNC-20.

Con estos valores obtenemos ahora la fuerza máxima (F_{max}) que soporta un tornillo:

$$F_{max} = \tau A_e$$

Sustituyendo valores:

$$F_{max} = (22,000)(0.0318)$$

$$F_{max} = 699.6 \text{ [lb]}$$

Para calcular el número mínimo de tornillos del iésimo tramo ($N_{t,i}$) aplicamos la ecuación 3.7:

$$N_{t,i} = F_1 / F_{max}$$

Sustituyendo valores en las ecuaciones 3.6 y 3.7 obtenemos el número mínimo de tornillos para cada tramo (N_t). Los valores se expresan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5

No. tramo	Diámetro nominal [pulg]	Área [pulg ²]	F ₁ [lb]	N _t
2	3	7.06	232	0.33
3	4	12.56	412	0.58
4	5	19.60	644	0.92
5	6	28.27	928	1.32
6	8	50.26	1649	2.35

El número de tornillos que se expresa en la tabla 3.5 es el mínimo; para fines prácticos es necesario considerar un número mayor con el fin de darle un rango de seguridad mayor por posibles problemas de: impacto, fatiga, flexión y aumentos inesperados en la presión. A su vez debe considerarse un número tal que permita que la fuerza se ejerza de manera uniforme en la zona de la unión de la tubería con su correspondiente límite de carrera. El número de tornillos para cada límite de carrera se muestra en su correspondiente plano de fabricación.

3.1.8 Cálculo de la presión requerida para la elevación de la columna.

Para el sistema de elevación requerimos de una presión de aire la cual nos ejerza una fuerza necesaria para la elevación de la columna. Procedamos a hacer un análisis de la presión necesaria para la elevación.

Si tenemos un peso total de:

$$W_t = (W_c + W_t + W_v + W_{ct}) F.S. \text{ ----- } 3.8$$

Donde:

W_t = peso total.
 W_c = Peso del cuerpo.
 W_t = Peso del travesaño.
 W_v = Peso del equipo de video.
 W_{ct} = Peso del contrapeso.
 F.S. = factor de seguridad.

Asignaremos un factor de seguridad de 2 para garantizar que la presión rigidice la columna.

Sustituyendo en la ec. 3.8:

$$W_t = (13.6[\text{kg}] + 1.5 [\text{kg}] + 1.5[\text{kg}] + 4.5[\text{kg}])(2)$$

$$Wt=42.2[\text{kg}] = 413.9 [\text{N}]= 92.9 [\text{lbf}]$$

Para el cálculo de la presión, se hará el análisis para la tubería de diámetro nominal de 2" por presentarse en esta la condición más crítica.

Si tenemos el área del tubo:

$$A = \pi D^2 /4$$

De donde $D= 1.9[\text{pulg}]^2$

$$A = \pi(1.9^2)/4 =2.83 [\text{pulg}^2]$$

Ahora calculando la presión:

$$P= F/A \text{ -----}3.9$$

Donde:

P=presión

A=área transversal

F=Fuerza

Sustituyendo los valores:

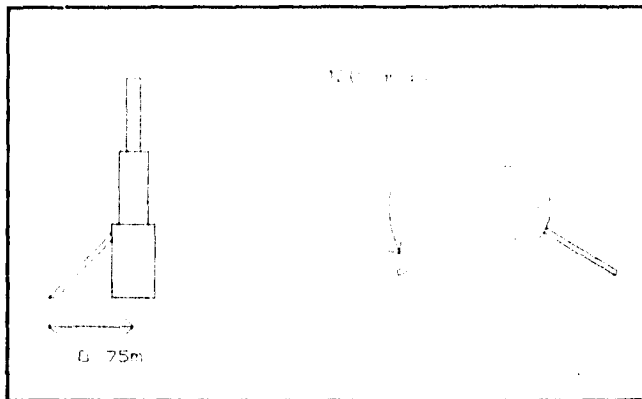
$$P=92.9 [\text{lbf}] /2.83 [\text{pulg}^2]$$

$$P=32.82 [\text{psi}]$$

Con la presión anterior nos damos cuenta que podemos utilizar un compresor de 1/2 [C.P.] para la elevación de la torre (ya que un compresor comercial de esta potencia proporciona hasta 100 [psi]).

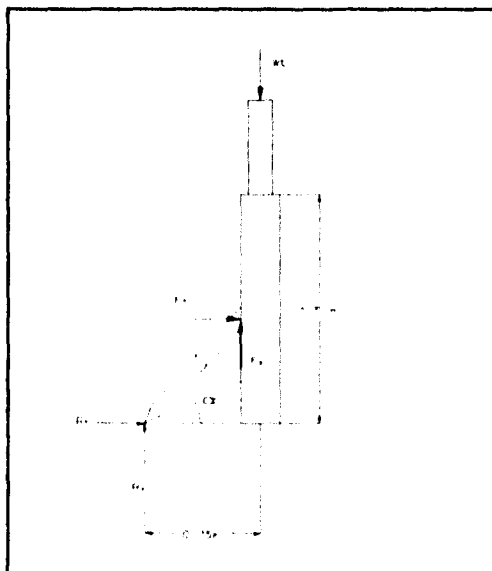
3.2 SISTEMA DE SOPORTE

Este sistema tiene como fin mantener la estabilidad de la columna, esto es, que esta mantenga la vertical y permita la correcta toma de imágenes, teniendo en cuenta que el piso sobre el cual se colocará la torre no debe de ser maltratado de ninguna manera, debido a que se está trabajando en un sitio arqueológico. Para tal efecto se eligió en el diseño conceptual el sistema de tripie actuado neumáticamente. Procederemos al análisis del sistema de tripie con el siguiente esquema que muestra la colocación de las patas en la columna (ver ilustración 18).



Ilustr. 18

De la ilustración 19, es visible que tenemos restringido el alcance de las patas a una distancia de 75 [cm] del centro de la torre. Si ahora analizamos las componentes ortogonales de la fuerza reactiva de una pata (ya que el análisis de las otras patas es completamente simétrico), es visible que si el ángulo crece su componente vertical también lo hace lo que no es recomendable ya que esta situación hace que la base de la torre vaya perdiendo contacto con el piso. Si ahora el ángulo alfa disminuye la componente horizontal se mantiene (recuérdese que las variaciones del ángulo se dan manteniendo fija la distancia del apoyo de la pata hacia el centro de la torre) con la diferencia de que ahora la fuerza total puede ser mayor debido a que su componente vertical ha disminuido; pero la disminución no es recomendable que sea grande, ya que si bien nos da la posibilidad de aumentar la fuerza, a cambio nos resta estabilidad.



Ilustr. 19

Del anterior análisis podemos inferir que la componente vertical de la fuerza de la pata multiplicada por tres (debido a que son tres las patas repartidas a cada 120 grados y sus componentes horizontales se equilibran) debe ser menor al peso de la torre, realicemos el análisis numérico de dicha condición.

$$W_t > 3F_y \text{ -----3.10}$$

Donde:

W_t = peso total (con accesorios).

F_y = Fuerza en una de las tres patas.

Como ya se calculó con anterioridad el peso de la columna y el travesaño (con equipo de video y contrapeso), es $W_t = 92.9$ [Lbf]. (incluyendo el factor de seguridad).

Ahora la componente en y de la fuerza ejercida por las patas es:

$$F_y = (A) P_t \text{ Sen } \alpha \text{ -----3.11}$$

Donde:

F_y = Fuerza de una de las tres patas.

A = área de la sección transversal de la pata.

P_t = Presión nominal de trabajo (23.58 [psi]).

α = Ángulo de inclinación de la pata con el piso.

El ángulo máximo de que se dispone es el que se forma con los catetos de la distancia fija de la pata al centro de la torre y la longitud del primer tramo (ver ilustración 20).

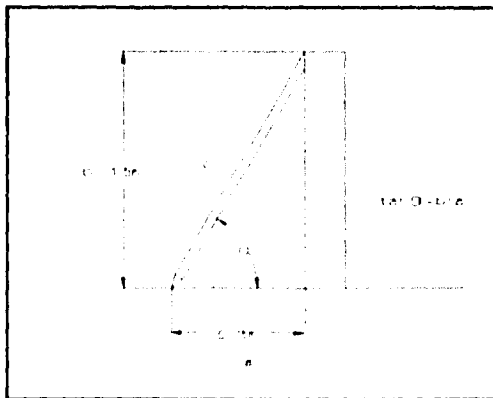
Si planteamos la función tangente.

$$\text{Tan } \alpha = b/a$$

$$\text{Tan } \alpha = 1.5[m]/0.75[m]$$

$$\alpha = \text{ang tan } 1.5[m]/0.75[m]$$

$$\alpha = 63.4^\circ$$



Ilustr. 20

Del anterior análisis podemos inferir que la componente vertical de la fuerza de la pata multiplicada por tres (debido a que son tres las patas repartidas a cada 120 grados y sus componentes horizontales se equilibran) debe ser menor al peso de la torre, realicemos el análisis numérico de dicha condición.

$$W_t > 3F_y \text{ -----3.10}$$

Donde:

W_t = peso total (con accesorios).

F_y = Fuerza en una de las tres patas.

Como ya se calculó con anterioridad el peso de la columna y el travesaño (con equipo de video y contrapeso), es $W_t = 92.9$ [Lbf]. (incluyendo el factor de seguridad).

Ahora la componente en y de la fuerza ejercida por las patas es:

$$F_y = (A)P_t \text{ Sen } \alpha \text{ -----3.11}$$

Donde:

F_y = Fuerza de una de las tres patas.

A = área de la sección transversal de la pata.

P_t = Presión nominal de trabajo (23.58 [psi]).

α = Ángulo de inclinación de la pata con el piso.

El ángulo máximo de que se dispone es el que se forma con los catetos de la distancia fija de la pata al centro de la torre y la longitud del primer tramo (ver ilustración 20).

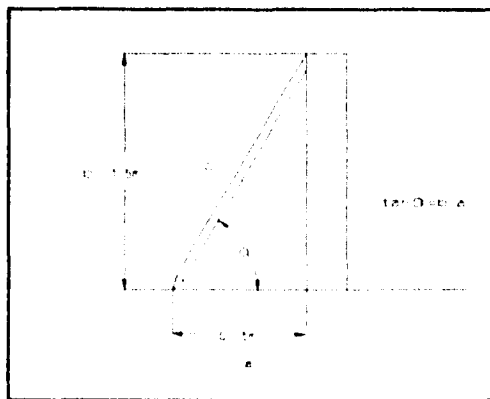
Si planteamos la función tangente.

$$\text{Tan } \alpha = b/a$$

$$\text{Tan } \alpha = 1.5[m]/0.75[m]$$

$$\alpha = \text{ang tan } 1.5[m]/0.75[m]$$

$$\alpha = 63.4^\circ$$



Ilustr. 20

Ahora establezcamos la desigualdad que hace que la fuerza de las patas sea menor al peso de la torre (ya que de no ser así la base de la torre perdería contacto con el piso).

$$W_t > 3F_y \text{ -----3.12}$$

Sustituyendo la ecuación 3.11 en la ecuación anterior:

$$W_t > 3A \rho \sin \alpha \text{ ----3.13}$$

Sustituyendo valores:

$$92.9 \text{ [lbf]} > 3(A)(32.8[\text{psi}])\sin \alpha$$

Despejando α :

$$\alpha < \arcsin 92.9 \text{ [lbf]} / 3(A)(32.8[\text{psi}]) \text{ -----3.14}$$

Ahora comencemos a sustituir las áreas de los tubos comerciales en la ecuación 3.14 (ver tabla 3.1).

-Para 1.5 [pulg] nominales, el diámetro efectivo es de 1.37 [pulg]:

$$A = \pi D^2 / 4 = (1.37)^2 / 4 = 1.457 \text{ [pulg}^2\text{]}$$

Sustituyendo en la ecuación 3.14:

$$\alpha < \arcsin 92.9[\text{Lbf}] / 3(1.457[\text{pulg}^2])(32.8[\text{psi}])$$

$$\alpha < 40.3^\circ$$

-Para 2 [pulg] el diámetro efectivo es de 1.9 [pulg]

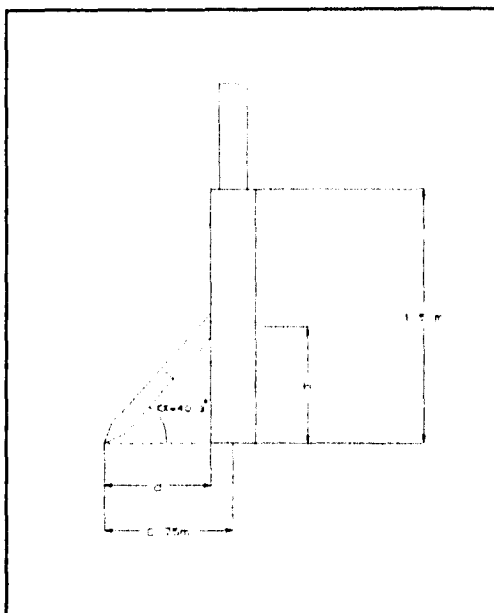
$$\text{Aplicando la ecuación de el área: } A = 2.83 \text{ [pulg}^2\text{]}$$

Sustituyendo en la ecuación 3.14:

$$\alpha = 19.47^\circ$$

Como es visible que el ángulo va disminuyendo y necesitamos el mayor ángulo sin sobrepasar el valor de 63.4° , entonces seleccionamos el tubo de 1.5 [pulg].

Con $\alpha = 40.3^\circ$ (ilustración 21) procedemos a obtener las medidas de las patas como se muestra a continuación:



Ilustr. 21

$$\text{Tan}\alpha = h/d \text{ -----} 3.15$$

Despejando h:

$$h = d \cdot \text{tan}\alpha$$

Sustituyendo valores:

$$h = 0.65[\text{m}] \tan 40.3^\circ$$

$$h = 0.54[\text{m}]$$

Para obtener la longitud máxima de la pata; con d y h aplicando el teorema de Pitágoras:

$$L = (h^2 + d^2)^{1/2}$$

Sustituyendo valores:

$$L = ((0.54[\text{m}])^2 + (0.65[\text{m}])^2)^{1/2}$$

$$L = 0.84[\text{m}]$$

Con las medidas anteriores se procede al diseño de todos los elementos que intervendrán en la pata.

Los elementos necesarios para el armado de las patas al igual que los elementos de el sistema de columna, son un límite de carrera y un émbolo. La presión de trabajo de las patas será la misma que la presión de trabajo de la columna. Es pertinente

mencionar que para las patas se requiere de un tubo menor a 1.5 [pulg] de diámetro para que actúe como pistón, para tal efecto se elige el tubo comercial de la medida inmediata inferior que es de 1 [pulg].

Para su adecuada sujeción en el torno a los límites de carrera y a los émbolos les daremos una altura de 1[pulg].

En el diseño de los límites de carrera y de los émbolos se hicieron modificaciones respecto al diseño de los correspondientes en el sistema de columna. Estas modificaciones son debidas a que se trata de un par de tramos solamente; para mayores detalles consulte los planos de fabricación 28 y 29.

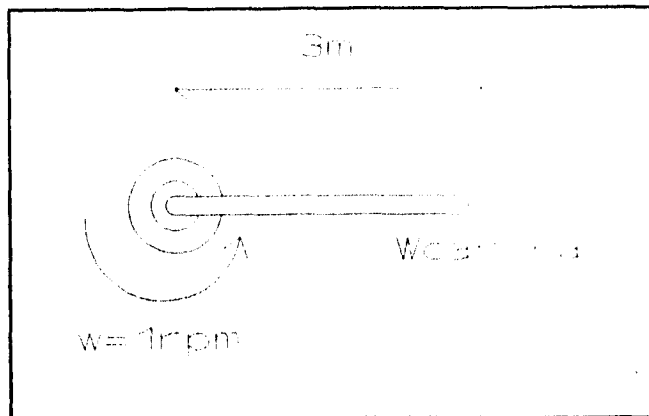
Los ajustes para las partes de las patas se conservan de los obtenidos en pruebas de torno.

Es prudente mencionar que además de las patas para la fijación de la columna se colocarán también tres tirantes de cable de acero que irán de la parte superior de la torre hasta un punto fuera del área de visión, los cuales serán fijados a unas cajas, las cuales serán llenadas de tierra que se encuentre en el lugar con la intención de reforzar el soporte de la torre.

3.3 SISTEMA DE GIRO DE LA(S) CÁMARA(S).

El sistema de giro será el encargado de girar el travesaño de la torre para poder tomar fotografías alrededor de ella. Necesitamos que el sistema de giro sea un equipo compacto y ligero, que sea de un consumo bajo de energía y que nos pueda proporcionar un giro de 360 grados; el giro debe de ser de baja velocidad para que la inercia del travesaño en el giro no ponga en peligro a la estabilidad de la columna.

Para el sistema de giro comencemos con el análisis del par requerido para girar el travesaño. Tenemos el siguiente diagrama del travesaño (ver ilustración 22).



Ilustr. 22

Ahora planteando las ecuaciones de Newton-Euler:

$$^{(6)}\sum F = m d^2(r) / dt^2 \text{ -----3.16}$$

$$^{(6)}\sum M = \partial H / \partial t + \omega \times H \text{ -----3.17}$$

Donde:

$\sum F$ = sumatoria de fuerzas.

m = masa.

r = vector de posición.

$\sum M$ = sumatoria de momento.

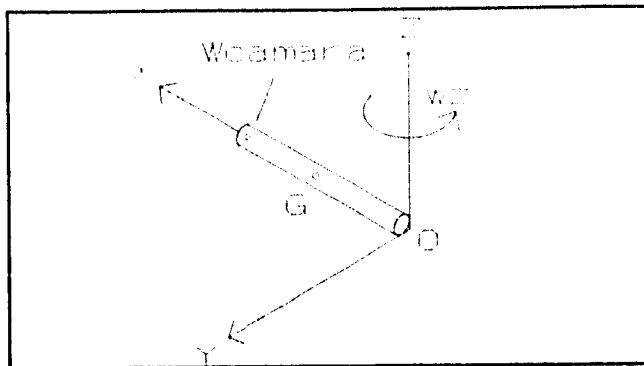
H = momentum angular.

ω = velocidad angular.

t = tiempo.

⁽⁶⁾Planteando el momentum angular (ver ilustración 23) para nuestro sistema:

$$H = I \omega = \begin{bmatrix} I_x & -I_{xy} & -I_{xz} \\ -I_{xy} & I_y & -I_{yz} \\ -I_{xz} & -I_{yz} & I_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_z \end{bmatrix} \text{ -----3.18}$$



Ilustr. 23

Realizando el producto indicado:

$$H = (-I_{xy} - I_{xz} - I_z) \omega_z \text{ -----3.19}$$

De donde:

$${}^o I_{xy} = \sum_i I_{xy}^o + \sum (x^i \cdot y^i) m_i \text{ -----3.20}$$

Sustituyendo en la ecuación 3.20, para el cual:

$$I_{xy}^o = I_{xy} \text{ centroidal} = 0 \text{ para la barra}$$

$$x^i = \text{Distancia entre G y O en } x = 1.5 \text{ [m]}$$

$$y^i = \text{Distancia entre G y O en } y = 0 \text{ [m]}$$

$$I_{xy} = (0) + (1.5 \text{ [m]}) (0) m = 0$$

$${}^o I_{yz} = \sum_i I_{yz_{oi}} + \sum (y_i \cdot z_i) m_i \text{ -----3.21}$$

$$I_{yz} = (0) + (0)(0)(m) = 0$$

Por lo tanto:

$$H = I_z \omega_z \text{ -----3.22}$$

Si ahora obtenemos la suma de momentos total en el sistema.

$${}^{(6)} \sum M = \partial H / \partial t + \omega \times H$$

$$\sum M = I_z \dot{\omega}_z + \omega_z \times I_z \omega_z \text{ -----3.23}$$

En la ecuación 3.23 el producto cruz del segundo término es cero, por tanto la ecuación anterior queda como:

$$\sum M = I_z \dot{\omega}_z \text{ -----3.24}$$

Ahora procedamos a obtener I_c , con respecto al centro de masa.

$$I_{c,g} = m/48(3d_m^2 + 3d_n^2 + 4L^2)$$

donde:

d_m = Diámetro mayor

d_n = diámetro menor

L = Longitud

Si sustituimos el peso del brazo del travesaño para la(s) cámara(s) que es de 1.5 [kg], el diámetro mayor de 38.1 [mm], el diámetro menor de 34.8 [mm] y la longitud del travesaño de 3 [m], tenemos:

$$I_{c,g1} = (1.5[\text{kg}]/48)(3(.0381[\text{m}])^2 + 3(.0348[\text{m}])^2 + 4(3[\text{m}])^2)$$

$$I_{c,g1} = 1.152 [\text{kg m}^2]$$

Ahora por el teorema de los ejes paralelos obtengamos el momento respecto al eje de giro.

$$I_{c,o} = I_{c,g} + mx$$

Sustituyendo valores:

$$I_{c,o1} = 1.152 [\text{kg.m}^2] + (1.5[\text{kg}])(1.5[\text{m}])^2$$

$$I_{c,o1} = 4.6 [\text{kg m}^2]$$

Si sustituimos el peso del brazo del travesaño para el contrapeso que es de 0.75 [kg], el diámetro mayor de 38.1 [mm], el diámetro menor de 34.8 [mm] y la longitud del travesaño de 1.5 [m], tenemos:

$$I_{c,g2} = (0.75[\text{kg}]/48)(3(.0381[\text{m}])^2 + 3(.0348[\text{m}])^2 + 4(1.5[\text{m}])^2)$$

$$I_{c,g2} = 0.14 [\text{kg m}^2]$$

Ahora por el teorema de los ejes paralelos obtengamos el momento respecto al eje de giro.

$$I_{c,o} = I_{c,g} + mx$$

Sustituyendo valores:

$$I_{c,o2} = 0.14[\text{kg.m}^2] + (0.75[\text{kg}])(0.75[\text{m}])^2$$

$$I_{c,o2} = 0.56[\text{kg m}^2]$$

Ahora si el peso de la cámara lo consideramos como puntual, y obtenemos su momento por el teorema de los ejes paralelos:

$$I_{1.03}=(1.5[\text{kg}]) (3[\text{m}])^2$$

$$I_{1.03}= 13.5 [\text{kg m}^2]$$

Ahora si el peso del contrapeso lo consideramos como puntual, y obtenemos su momento por el teorema de los ejes paralelos:

$$I_{1.04}=(4.5[\text{kg}]) (1.5[\text{m}])^2$$

$$I_{1.04}= 10.1 [\text{kg m}^2]$$

Obteniendo el momento total:

$$\Sigma I_{1.0} = I_{1.01} + I_{1.02} + I_{1.03} + I_{1.04}$$

$$\Sigma I_{1.0} = 4.6[\text{kg m}^2] + 0.56[\text{kg m}^2] + 13.5[\text{kg m}^2] + 10.1[\text{kg m}^2]$$

$$\Sigma I_{1.0} = 28.7 [\text{kg m}^2]$$

Retomando la ecuación 3.24:

$$\Sigma M = I_{1.0} \dot{\omega}_1$$

Si ahora fijamos la velocidad de giro en 1 [rpm] debido a que no se tiene necesidad de una velocidad mayor para el movimiento de la cámara.

$$\omega_1 = 1 [\text{rpm}] = 0.1047 [\text{rad/seg}^2]$$

Si también hacemos la consideración que la velocidad de operación es alcanzada en un segundo.

$$\dot{\omega}_1 = 0.1047 [\text{rad/seg}^2]$$

Sustituyendo en la ecuación 3.24:

$$\Sigma M = (28.7 [\text{kgm}^2])(.1047 [\text{rad/seg}^2])$$

$$\Sigma M = 3 [\text{N.m}]$$

Procedamos a obtener la potencia necesaria para el sistema, mediante la siguiente ecuación:

$$^3P = T\omega_1 \text{ -----3.25}$$

Donde:

$$T = \Sigma M$$

Sustituyendo valores en la ec. 3.25:

$$P=(3 \text{ [N.m]})(0.1047[\text{rad/seg}])$$

$$P=0.31 \text{ [W]}$$

También debemos de considerar un factor de seguridad que en este caso será de 3 (para garantizar que se tenga suficiente potencia). Por lo tanto consideraremos para el diseño del sistema de giro una potencia de 0.93 [W].

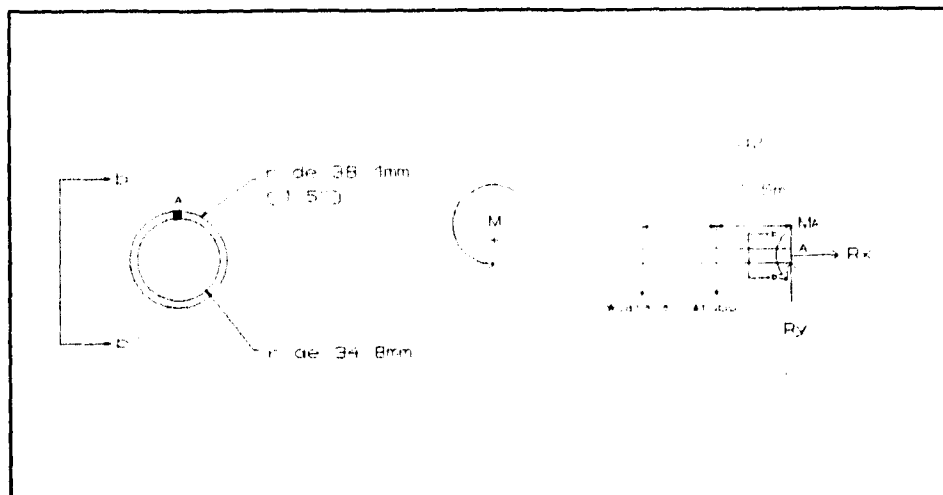
Una vez teniendo el dato de la potencia requerida se procede a investigar los equipos comerciales de reductores de velocidad que manejen esta potencia; encontrando el inconveniente de que para la potencia requerida, en motores de baterías (el más cercano el de 1.5[W] a 6 [V] C.D.), giran a una velocidad de 1300 [rpm]. En la distribuidora en que se vende el motor tienen también en existencia un tren de engranes reductor el cual proporciona una relación de reducción de 12:1, con lo cual aun tenemos una velocidad de salida de 108.3 [rpm] pero esta velocidad es grande para pensar en una reducción más de polea para llegar a 1 [rpm]. En consecuencia se busco una reducción del tipo de sin fin corona conectada en serie con la anterior, la cual es bastante compacta y nos da una relación de reducción de 20:1, además de ser adaptable a la reducción anterior. Con esta combinación de reducciones se tiene una salida de 5.4 [rpm] de esta salida ya se procede a colocar una relación de poleas de 6:1, con lo cual tenemos una salida de aproximadamente 1 [rpm].

Es conveniente aclarar que se eligieron el tipo de poleas dentadas debido a que como los elementos del sistema de giro son de aluminio, y deben de ser muy ligeros, esto no nos permite tener altas fuerzas para el tensado de la banda. La banda dentada (es implícito que para la polea dentada se requiere de banda dentada) nos proporciona, para una fuerza de tensión no muy grande, una baja probabilidad de deslizamiento.

3.4 SISTEMA DE SOPORTE DE LA(S) CÁMARA(S)

3.4.1 Análisis del momento flexionante del travesaño

Si consideramos el travesaño de tubo de 1.5 [pulg.] de diámetro el cual tiene un peso por metro lineal de 0.512 [kg] y una longitud de 3 [m] de largo; con esto podemos afirmar que tiene un peso aproximado de 1.536 [kg], considerando este peso uniformemente repartido a lo largo del travesaño (por lo cual se considera que la resultante de este peso se encuentra a la mitad del travesaño), y que además tenemos un equipo de video de 1.5 [kg] en el extremo del travesaño (como se muestra en el diagrama de cuerpo libre ilustración 24), procedamos a obtener el momento flexionante en el punto "A" donde se da el esfuerzo de tensión máximo del tubo del travesaño.



Ilustr. 24

Considerando el travesaño en equilibrio;

$$\sum f_x=0 , \sum f_y=0 , \sum M_a=0$$

El momento flexionante en el punto "A" se calcula de la siguiente forma:

De la ilustración 24 tenemos:

$$\sum M_A = W_{cámara}(d_1+d_2) + W_{tubo}(d_2) \text{ -----3.26}$$

Sustituyendo valores:

$$\sum M_A = 1.5[\text{kg}](3[\text{m}]) + 1.536[\text{kg}](1.5[\text{m}])$$

$$\sum M_A = 6.8 [\text{kg.m}]$$

Convirtiendo a [N.m]:

$$\sum M_A = 66.74 [\text{N.m}]$$

Ahora hagamos un análisis para el esfuerzo máximo de tensión pura en el punto "A" del tubo del travesaño de la ilustración 24. El esfuerzo máximo lo podemos obtener por la siguiente ecuación:

En el punto "A" en flexión pura, para la sección b b' del travesaño:

$$\sigma_{A \text{ max.}} = (\sum M_A / I)(C) \text{ -----3.27}$$

Donde:

$\sum M_A$ = Momento flexionante resultante en el punto "A".

C = Distancia del eje neutro a la fibra más alejada de la sección.

I = Momento de inercia de la sección transversal.

Si consideramos el tubo de 38.1 [mm] de diámetro exterior y pared de 1.65 [mm] (datos obtenidos de la tabla 3.1) podemos obtener el momento de inercia de la sección mediante la siguiente ecuación:

$$I = (\pi/64)(D^4 - d^4) \text{-----} 3.28$$

Donde:

D=Diámetro mayor del tubo

d=Diámetro menor del mismo

I=Momento de inercia para el tubo de 1.5[pulg].

Sustituyendo los datos en la ecuación 3.28 del momento de inercia:

$$I = (\pi/64)((.038[m])^4 - (.0348[m])^4)$$

$$I = 3.03 \times 10^{-8} [m^4]$$

Sustituyendo el momento de inercia de la sección y el momento flexionante en el punto "A" en la ecuación 3.27 de esfuerzo máximo de tensión:

$$\sigma_{\text{max}} = (M_A/I)C$$

$$\sigma_{\text{max}} = (64.74 [Nm]/3.03 \times 10^{-8} [m^4])(.019[m])$$

Realizando operaciones:

$$\sigma_{\text{max}} = 40.7 [MPa]$$

Convirtiendo a [Kpsi]:

$$\sigma_{\text{max}} = 5.88 [kpsi]$$

Analizando el resultado anterior y considerando que la tubería esta hecha de aluminio 'A03330T5 la cual tiene un esfuerzo de fluencia σ_y de 25 [kpsi], encontramos que el tubo resiste satisfactoriamente el esfuerzo máximo de tensión antes calculado, pero falta analizar las deflexiones en el tubo para terminar el análisis del travesaño.

3.4.2 Análisis de deflexión en el travesaño.

Podemos considerar al travesaño para el análisis de su deflexión como una viga en cantiliver con dos cargas: una uniformemente repartida y la otra concentrada en la punta del travesaño.

La deflexión la podemos obtener por separado y posteriormente sumar sus efectos.

La deflexión debida a la carga repartida la tenemos como:

$${}^{(2)}d=WL^3/8EI$$

Donde:

d=deflexión en la punta del travesaño
W=peso del tubo
L=longitud del tubo
E=Módulo de elasticidad
I=Momento de inercia de la sección transversal

Sustituyendo valores:

$$d=(15[N])(3[m])^3/8(5.6 \times 10^9[Pa])(3.03 \times 10^{-8}[m]^4)$$

$$d=0.29 [m]$$

Ahora la deflexión debida a la carga concentrada:

$${}^2d=PL^3/3EI$$

Donde:

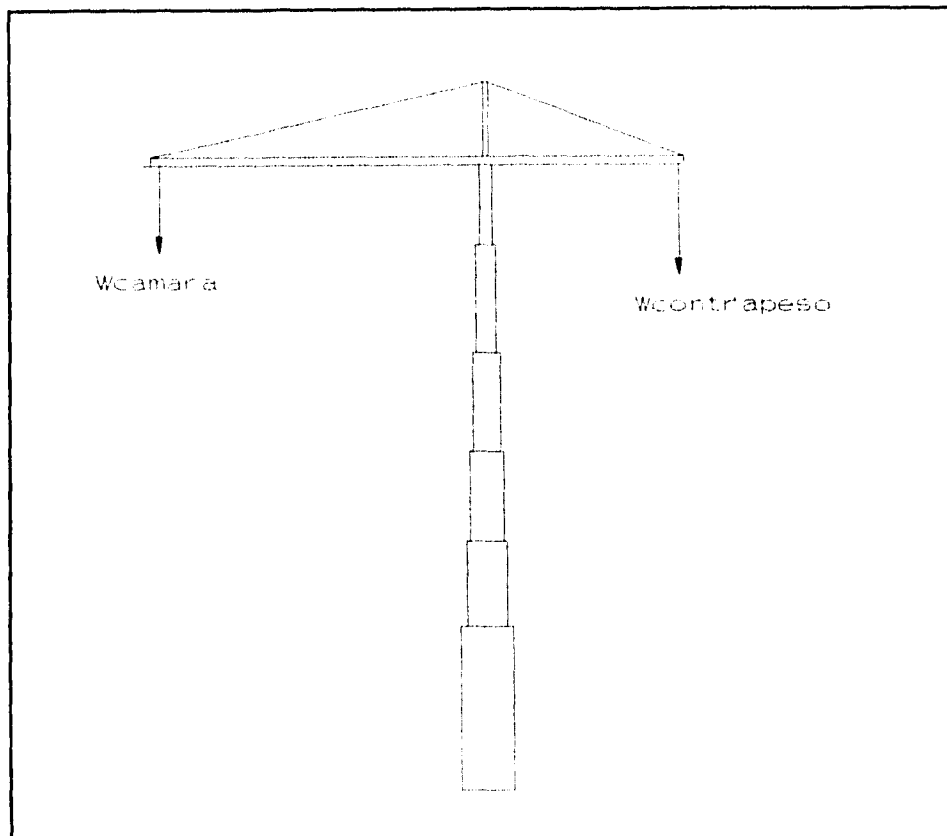
d=deflexión máxima
P=carga concentrada
L=longitud del tubo
E=módulo de elasticidad
I=momento de inercia de la sección transversal

Sustituyendo valores:

$$d= 14.7[N] (3[m])^3/3(5.6 \times 10^9[Pa])(3.03 \times 10^{-8}[m]^4)$$

$$d=0.77[m]$$

En conclusión tenemos que la deflexión total es de 1.06[m], lo cual representa un serio problema para el funcionamiento del travesaño, por lo cual se recurre a atirantar el travesaño como se muestra en la ilustración 25.



Ilustr. 25

CAPÍTULO 4

FABRICACIÓN Y ENSAMBLE

4.1 ASPECTOS GENERALES

Es en la fabricación donde se pasa de las ideas a los hechos, por esta razón, en esta fase se pone a prueba el diseño. Si el diseño fue bien pensado, seguramente habrá menos problemas en la fabricación; de lo contrario, esto puede traer dificultades tales como: desperdicio de materiales, pérdida de tiempo y la necesidad

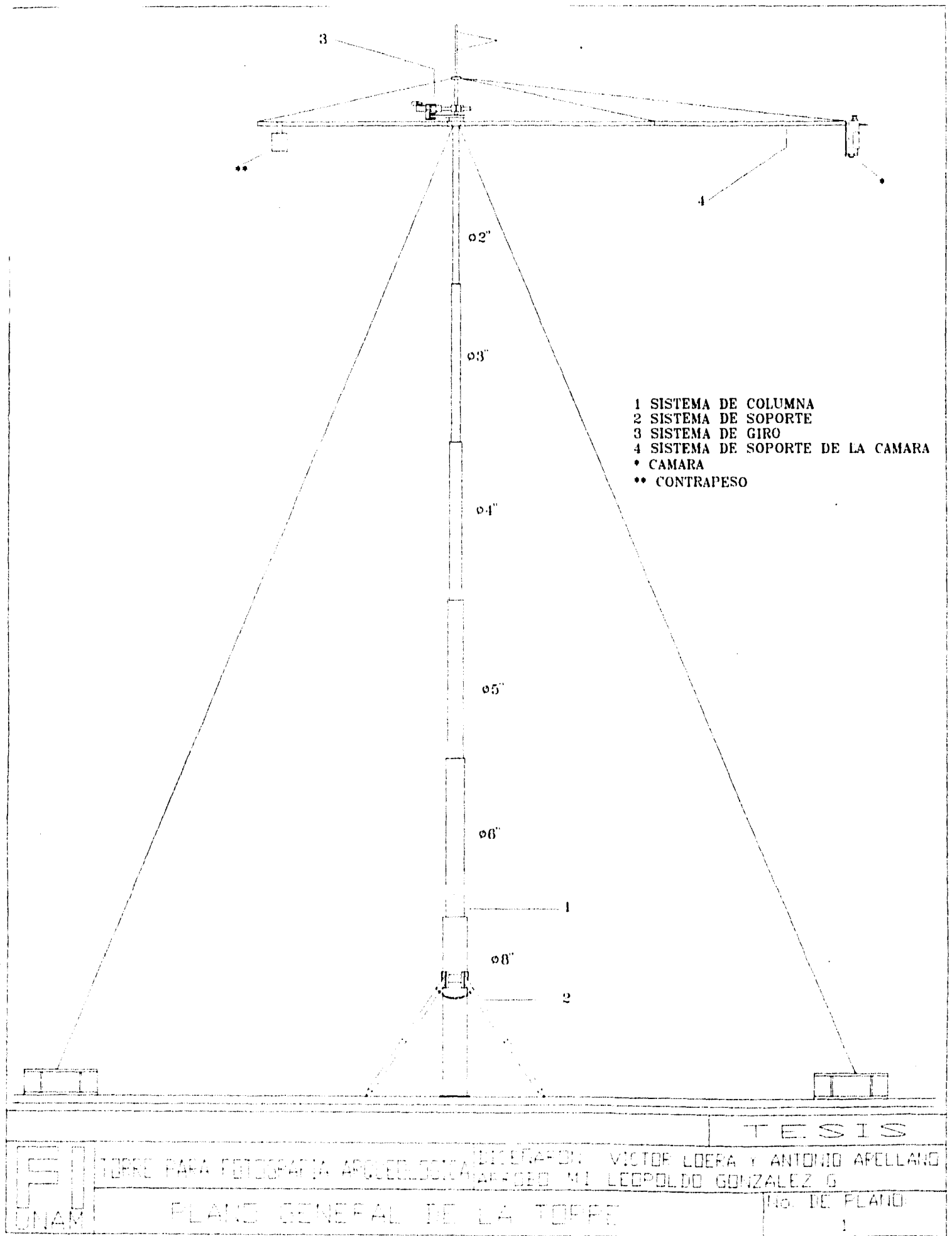
de rediseñar.

A continuación se muestran los aspectos principales que debe considerar todo proceso de fabricación:

- 1) Se debe saber con que equipo se cuenta. Dentro de esto están comprendidos los siguientes aspectos:
 - a) Tipos de procesos que se van a realizar. Por ejemplo torneado, fresado, taladrado, fundición, rolado, soldadura, etc.
 - b) Capacidades y características de los equipos requeridos; tales como: potencia, tamaño, precisión, versatilidad, etc.
- 2) Saber las herramientas y utilajes que se van a requerir. Por ejemplo: cortadores para mecanizado, broqueros, lunetas, boquillas, manerales para machueleado, mango cónico, llave de nariz, etc.
- 3) Contar con el equipo de seguridad para el trabajo de taller. Por ejemplo: Peto, guantes, lentes, polainas, careta, etc.
- 4) Contar con lo planos de fabricación, debidamente elaborados. Estos planos deben tener las acotaciones necesarias, las especificaciones del material de la pieza, tipo de acabado, etc.
- 5) Se debe contar con la lista de materiales. Esta lista contendrá los materiales necesarios para la fabricación y ensamble de las partes; en esta lista se deben especificar: el material, sus dimensiones, de ser necesario tratamientos térmicos o tipo de formado (como en el caso de los aceros tratados térmicamente o laminados en frío), en el caso de tornillos especificar el tipo de cuerda, el material y el tipo de cabeza; para el caso de los rodamientos especificar el tipo, la capacidad de carga y la velocidad de trabajo, etc.

Para la fabricación de la torre tuvimos la suerte de contar con las instalaciones de los laboratorios de ingeniería mecánica; las cuales, tuvo la atención de poner a nuestra disposición, el jefe del Departamento de Ingeniería Mecánica de la F.I. Ing. Ubaldo E. Márquez Amador. En estos laboratorios encontramos todos los equipos necesarios para realizar la fabricación; así como las herramientas, utilajes, equipo de seguridad, asesoría e incluso algunos materiales.

4.2 PLANO GENERAL DE LA TORRE



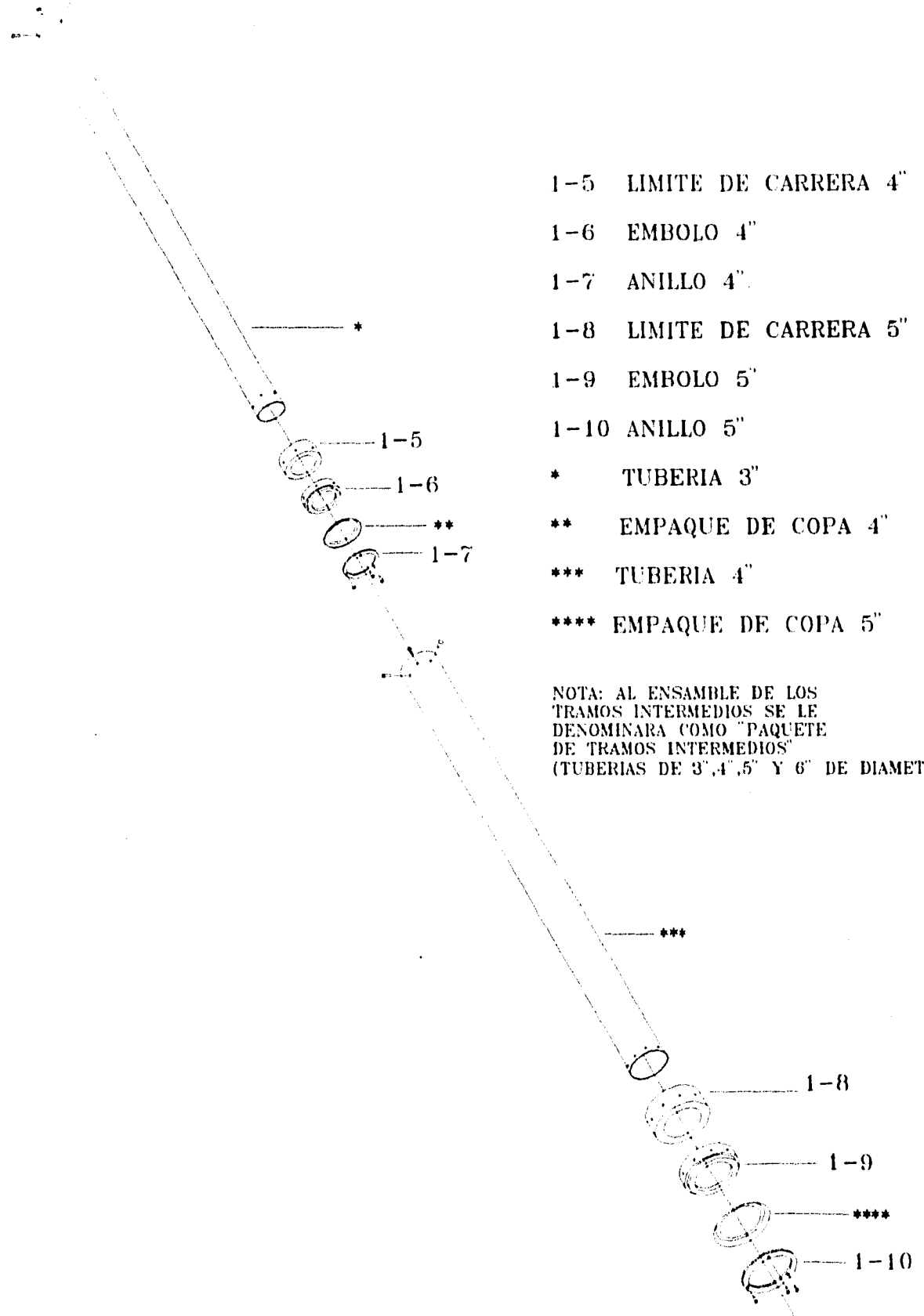
4.3 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE COLUMNA

4.3 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE COLUMNA

No. DE PLANO.

- 1-5 LIMITE DE CARRERA 4" (9)
- 1-6 EMBOLO 4" (10)
- 1-7 ANILLO 4" (11)
- 1-8 LIMITE DE CARRERA 5" (12)
- 1-9 EMBOLO 5" (13)
- 1-10 ANILLO 5" (14)
- * TUBERIA 3"
- ** EMPAQUE DE COPA 4"
- *** TUBERIA 4"
- **** EMPAQUE DE COPA 5"

NOTA: AL ENSAMBLE DE LOS TRAMOS INTERMEDIOS SE LE DENOMINARA COMO "PAQUETE DE TRAMOS INTERMEDIOS" (TUBERIAS DE 3", 4", 5" Y 6" DE DIAMETRO)



TESIS

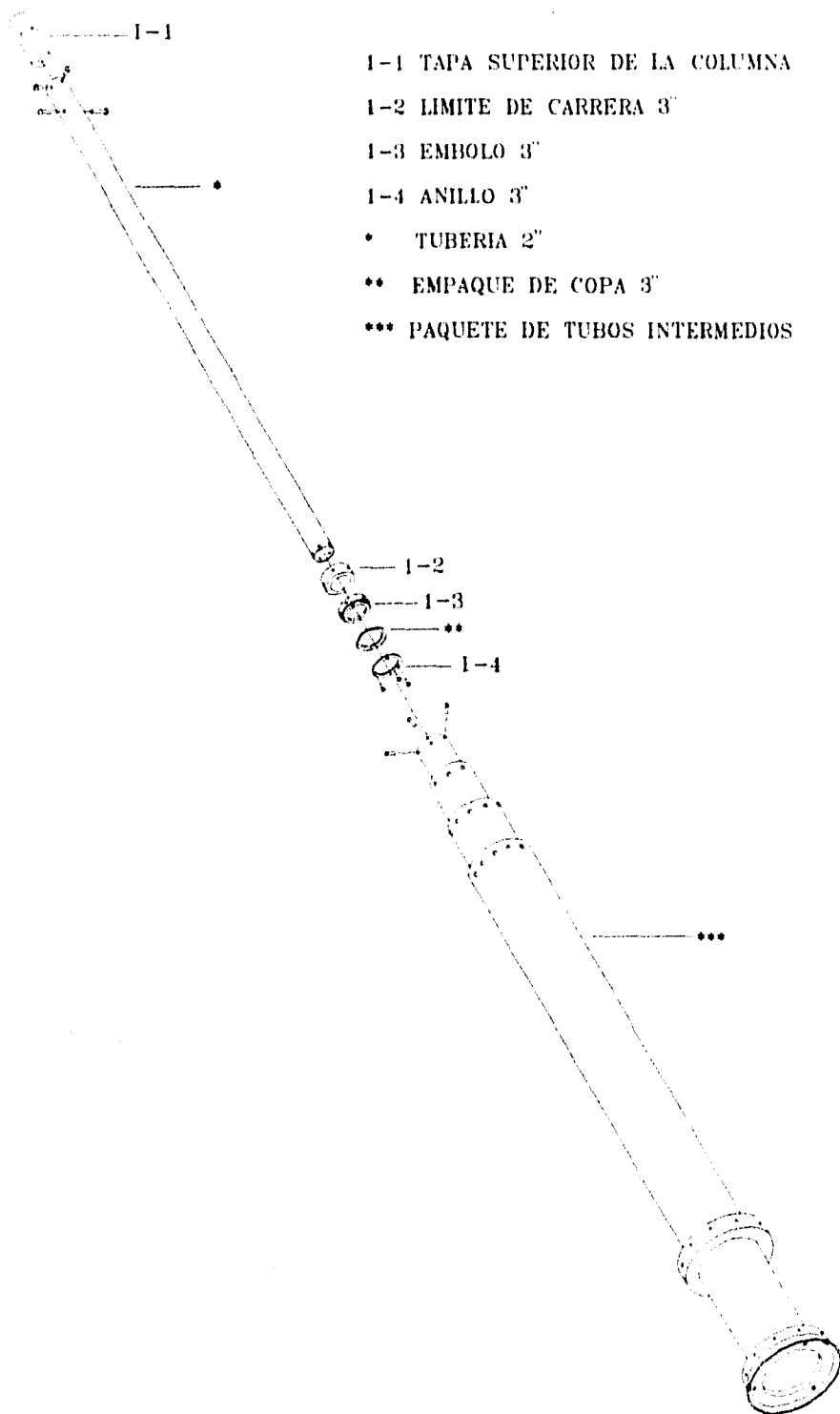
FI
DNAM

TORRE PARA FOTOGRAFIA AEREOLOGICA DISEÑARON VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANO
DISEÑARON M. LEOPOLDO GONZALEZ G.

EXPLOSION DEL SISTEMA DE COLUMNA PARA TRAMOS INTERMEDIOS

No DE PLANO
2

No. DE PLANO.



- 1-1 TAPA SUPERIOR DE LA COLUMNA (5)
- 1-2 LIMITE DE CARRERA 3" (6)
- 1-3 EMBOLO 3" (7)
- 1-4 ANILLO 3" (8)
- TUBERIA 2"
- ** EMPAQUE DE COPA 3"
- *** PAQUETE DE TUBOS INTERMEDIOS

TESIS

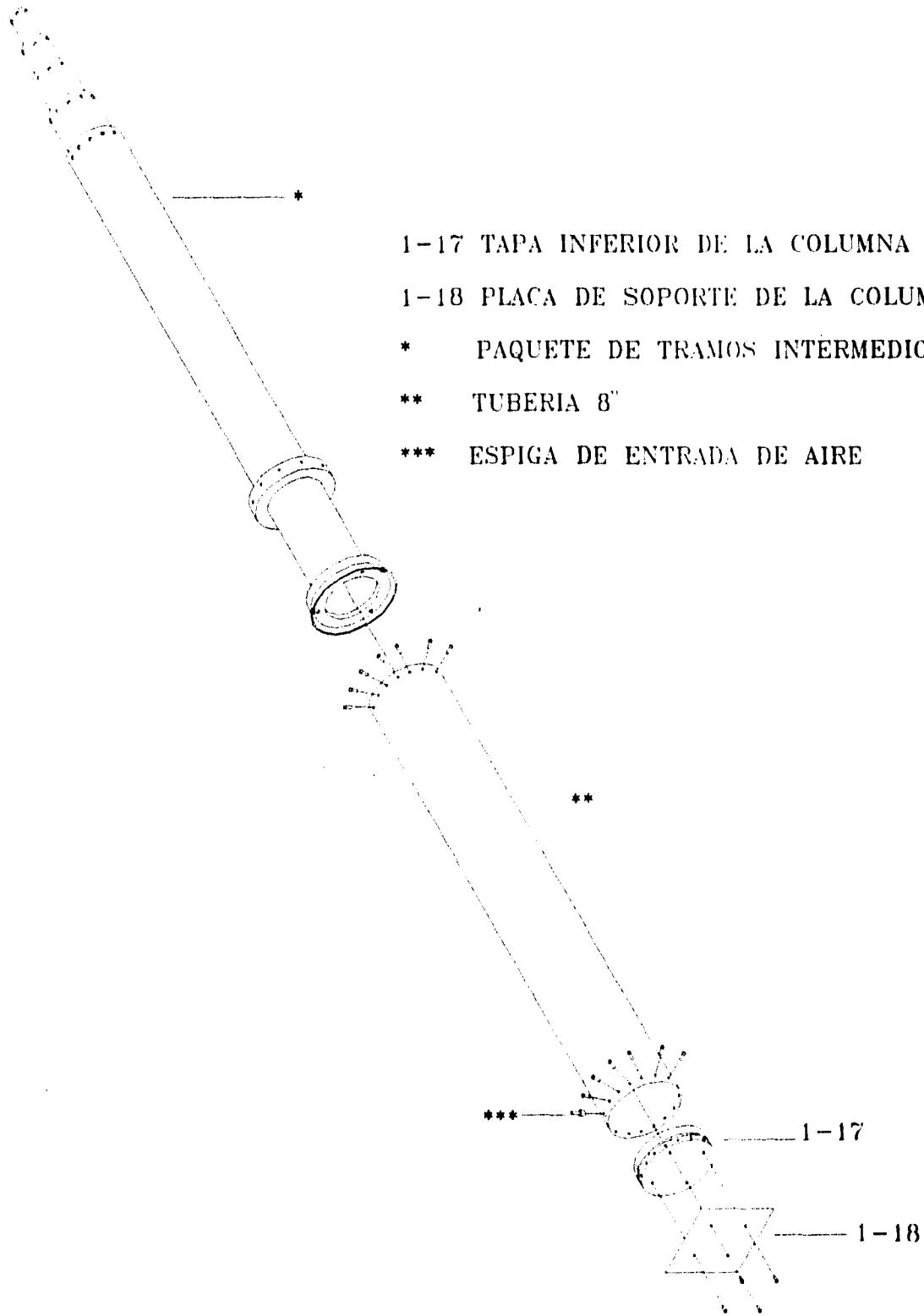
UNAM

TORRE PARA FOTOGRAFIA AEROFOTOLEGICA
EXPLOSION DEL SISTEMA DE COLUMNA PARA EL TRAMO SUPERIOR Y EL PAQUETE DE TRAMOS INTERMEDIOS

DISEÑARON VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO
REPORTEO NI LEOPOLDO GONZALEZ G.

Nº. DE PLANO:
3

No. DE PLANO.



1-17 TAPA INFERIOR DE LA COLUMNA (21)

1-18 PLACA DE SOPORTE DE LA COLUMNA (22)

* PAQUETE DE TRAMOS INTERMEDIOS

** TUBERIA 8"

*** ESPIGA DE ENTRADA DE AIRE

*** 1-17

1-18

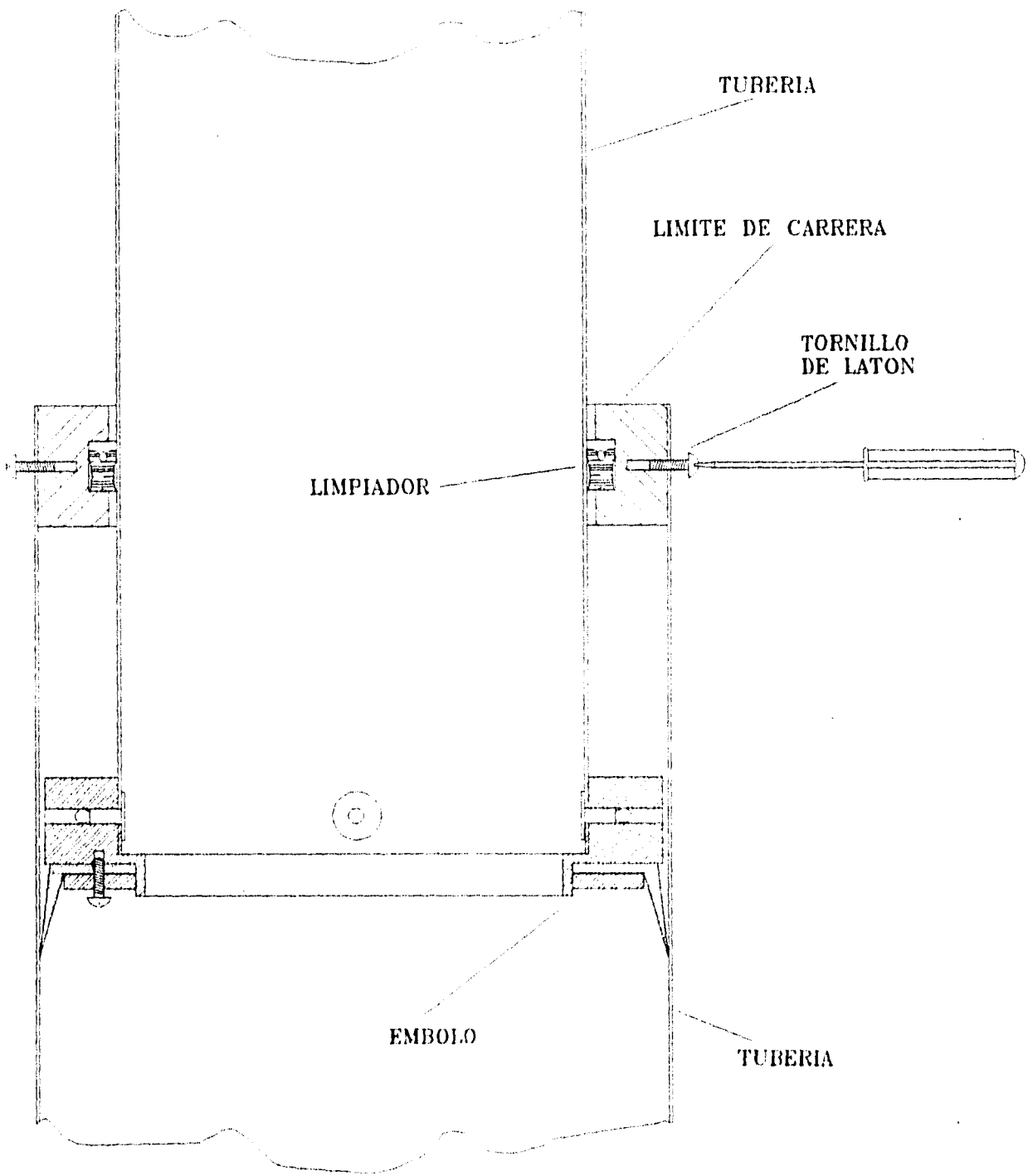
TESIS

FI
UNAM

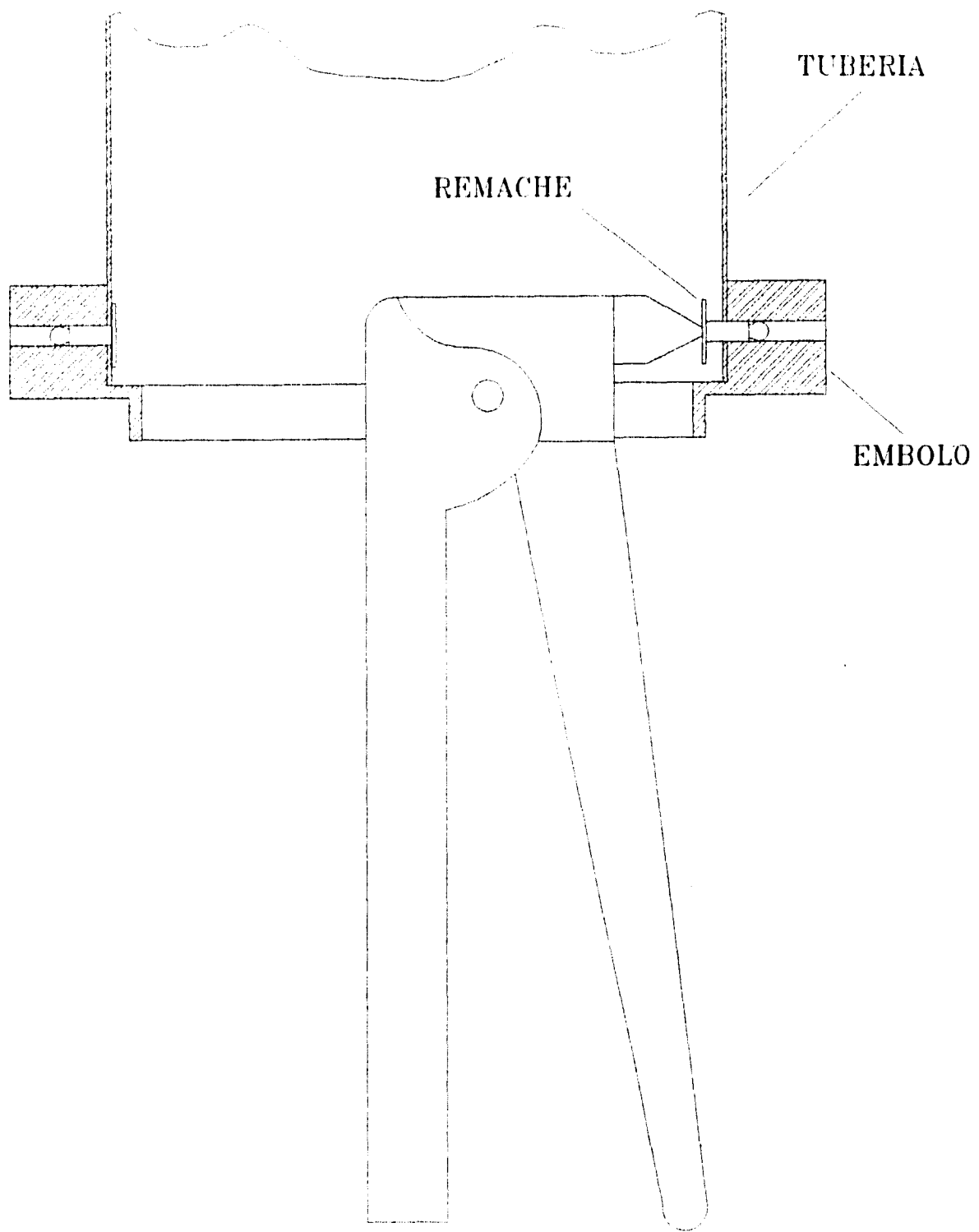
TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA DISEÑADA POR VICTOR LOERA Y ANTONIO APOLLANO
APROBADA POR EL M. LEOPOLDO GONZALEZ G.

EXPLOSION DEL SISTEMA DE COLUMNA PARA EL TRAMO INFERIOR
Y EL PAQUETE DE TRAMOS INTERMEDIOS

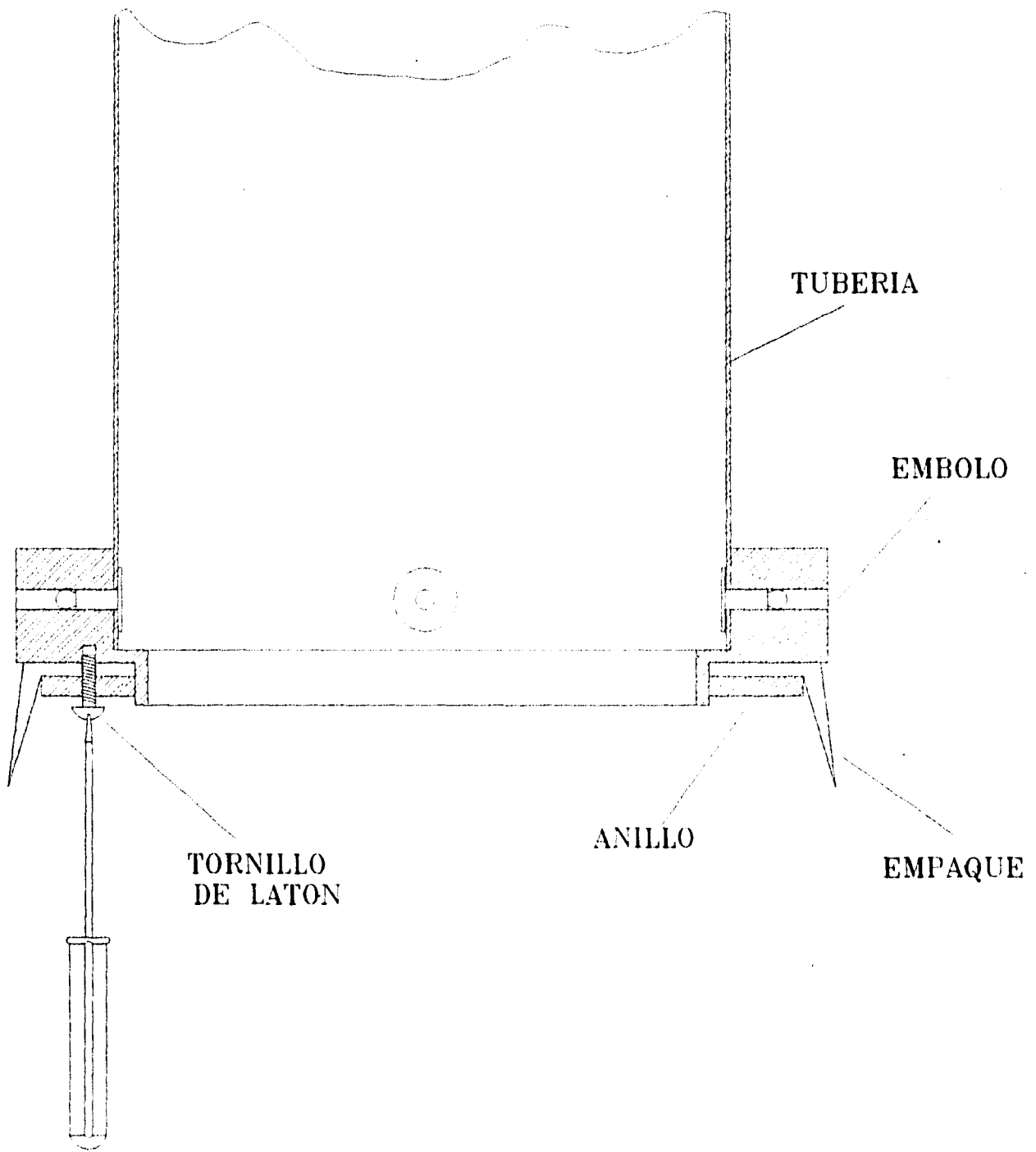
No. DE PLANO
4



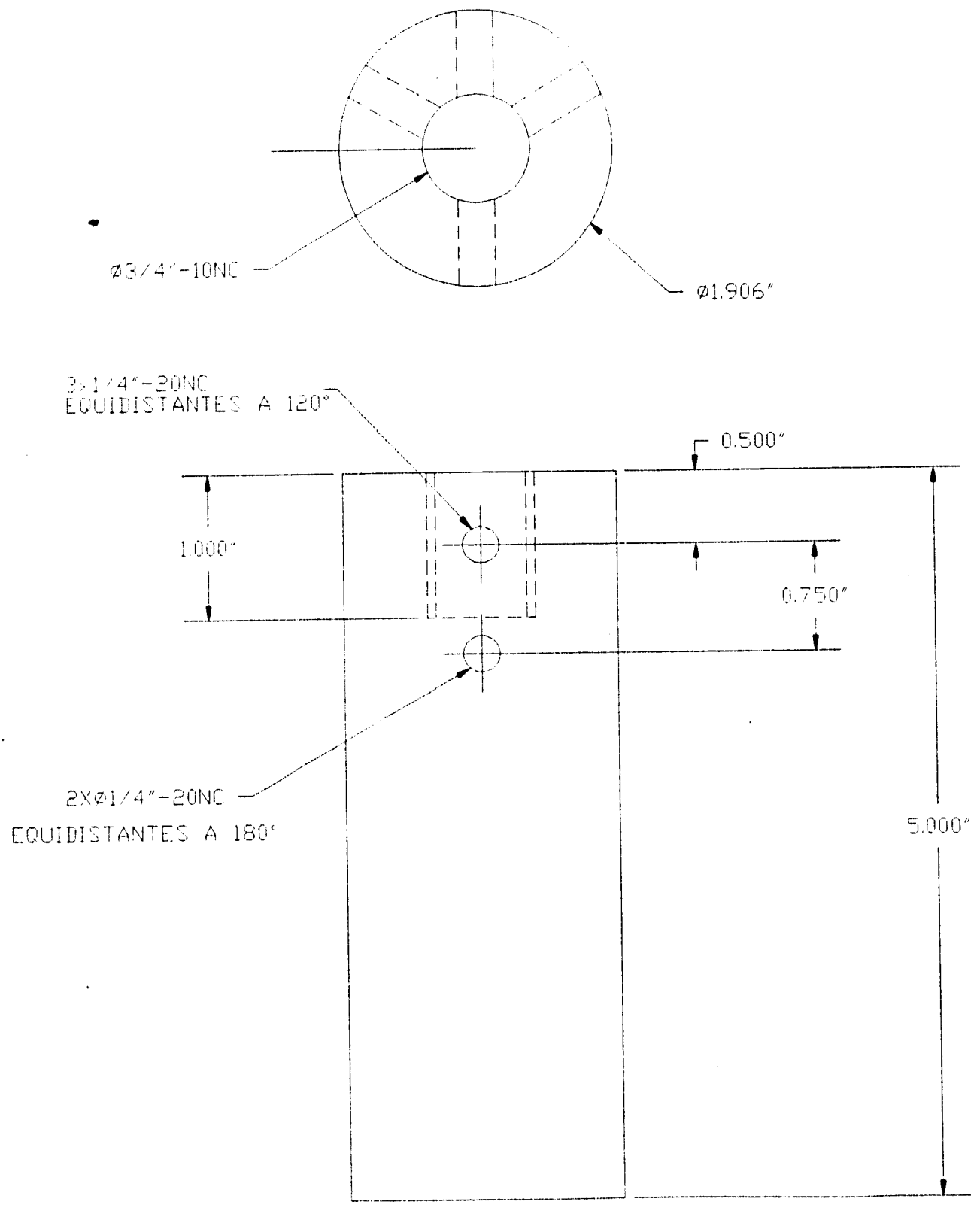
		T E S I S	
	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA. DE LA FOT. VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO		
	DISEÑADO POR LEOPOLDO GONZALEZ G.		
DETALLE DE LA RELACION DE LOS LIMITE DE CARRERA			NO. DE PLANO 4-A



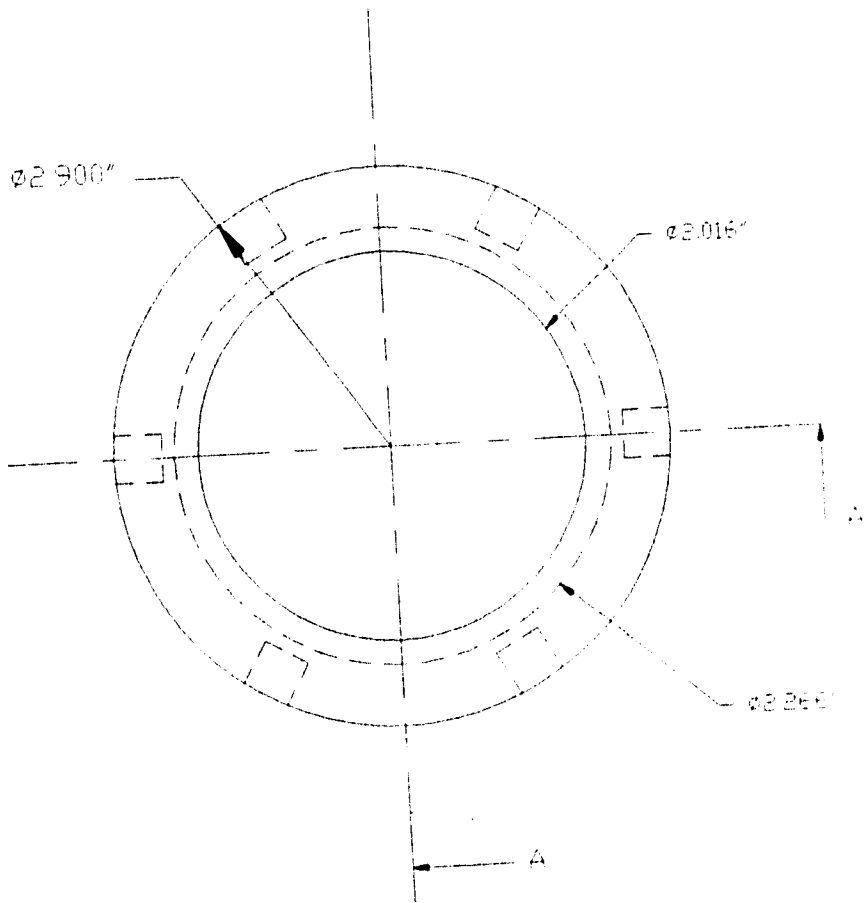
		T E S I S	
F UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	INVESTIGACION VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANDEGARDO M. LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	DETALLE DE LA FIJACION DE LOS EMBOLOS		No. DE PLANO 4-B



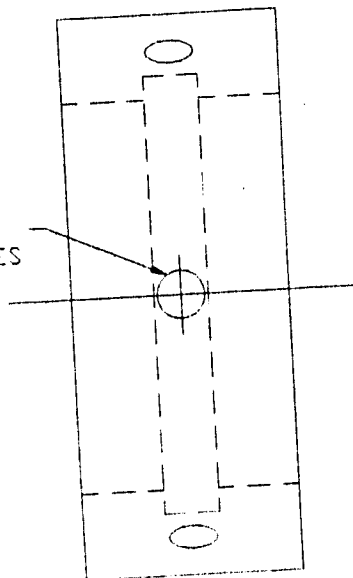
		TESIS	
F UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISEÑADO POR VICTOR LOERA Y ANTONIO AFELLANO ASESORADO POR LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	DETALLE DE LA FIJACION DE LOS EMPAQUES DE CORA		No. DE PLANO: 4-C



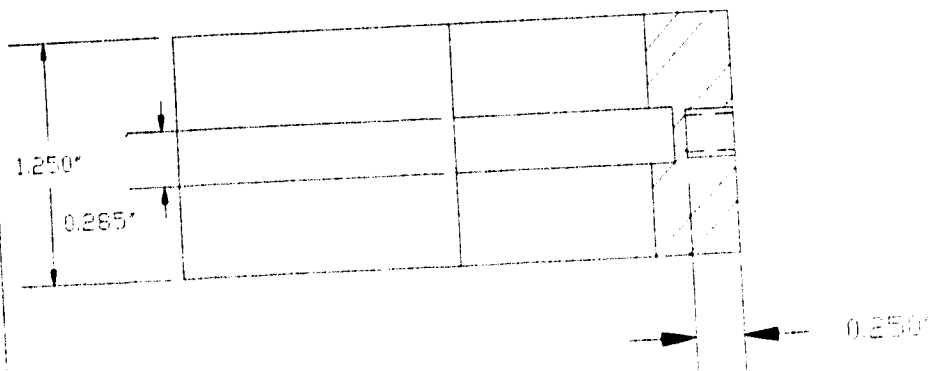
ESCALA: 1:1	ACOTACIONES: 10	MATERIAL: ASTM 6061T6	T E S I S	
FI UNAM	DISEÑARON: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO		APROBO M.I. LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	TAPA SUPERIOR DE LA COLUMNA		No. DE PIEZA: 1-1	No. DE PLANO: 5



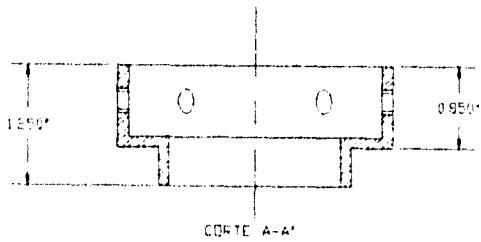
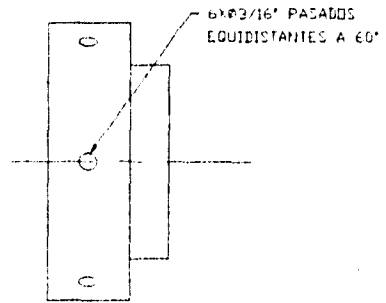
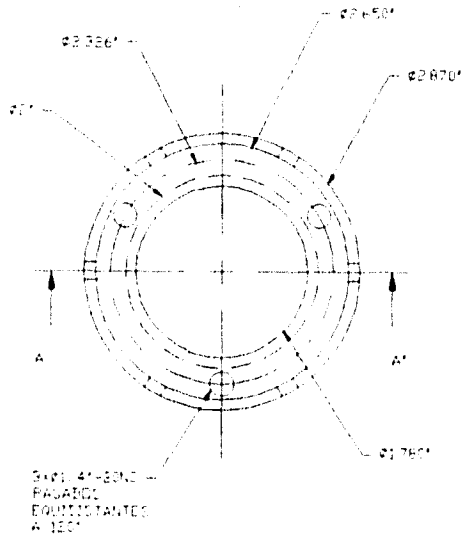
1-21/4"-20NC
EQUIDISTANTES
A 60°



CORTE A-A'



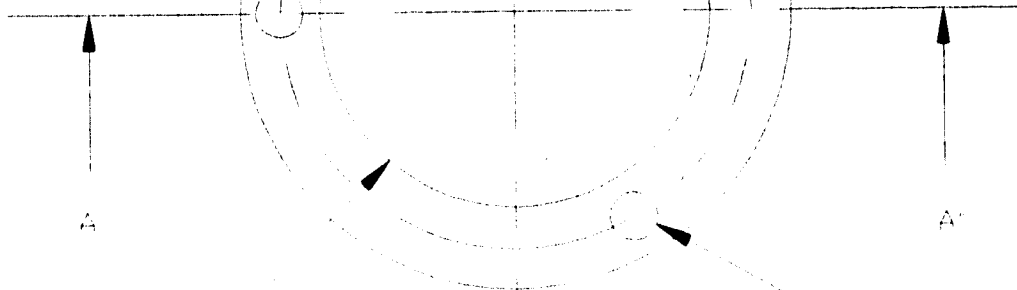
ESCALA: 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DI. ENAFON: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLAND	
	LIMITE DE CAFFERA 3°	ARQ. DR. M. LEOPOLDO GONZALEZ G.	
		No. DE PIEZA 1-2	No. DE PLANO 6



ESCALA DE	1:1	ALDADACIONES	MATERIAL ACIM 8061T6	TESIS
INAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑADA POR VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	ARREBO M. LEOPOLDO GONZALEZ G
	FUENTE: 3'		DE LA PIEZA	DE PLANO

Ø2.455"

Ø2.870"



Ø2.020"

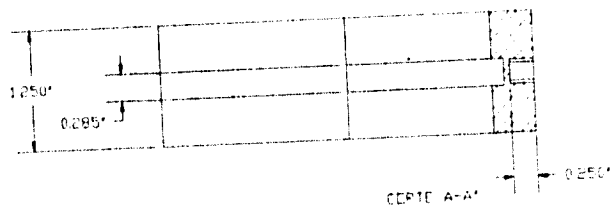
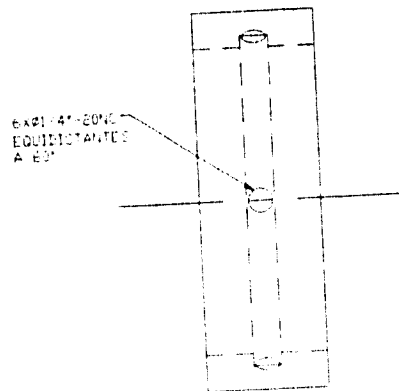
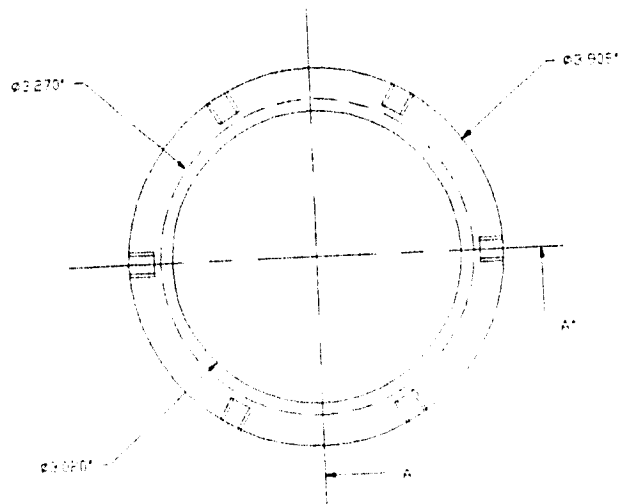
3XØ1/4" PASADOS
EQUIDISTANTES A 120°



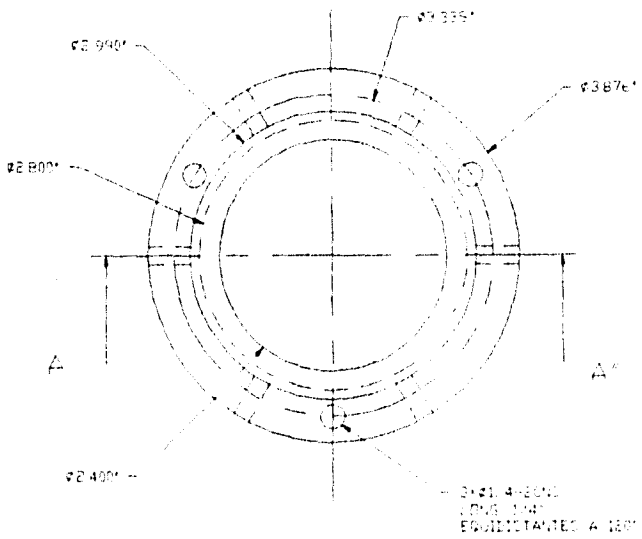
CORTE A-A

0.200"

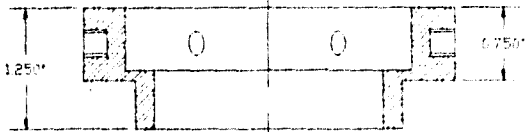
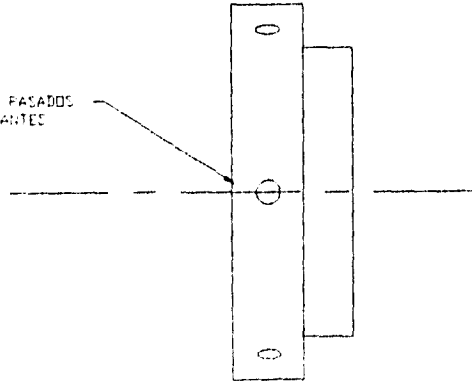
ESCALA: 1:1	ACTUACIONES	MATERIAL: ALUM. 6061 T6	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	ELABORACION: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	
		ARQUITECTO: LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	ANILLO 3º	NO. DE PIEZA: 1-4	NO. DE PLANO: 8



ESCALA 1/4"	ACOTACIONES	MATERIAL ACIM 60816	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DR. LEOPOLDO VICTOR LOERA Y ANTONIO AFELLANO	
	LIMITE DE LA PARRA 4"	NO. DE PIEZA 1-5	NO. DE PLANO 9



6x $\varnothing 3.18$ PASADOS
EQUIDISTANTES
A 180°

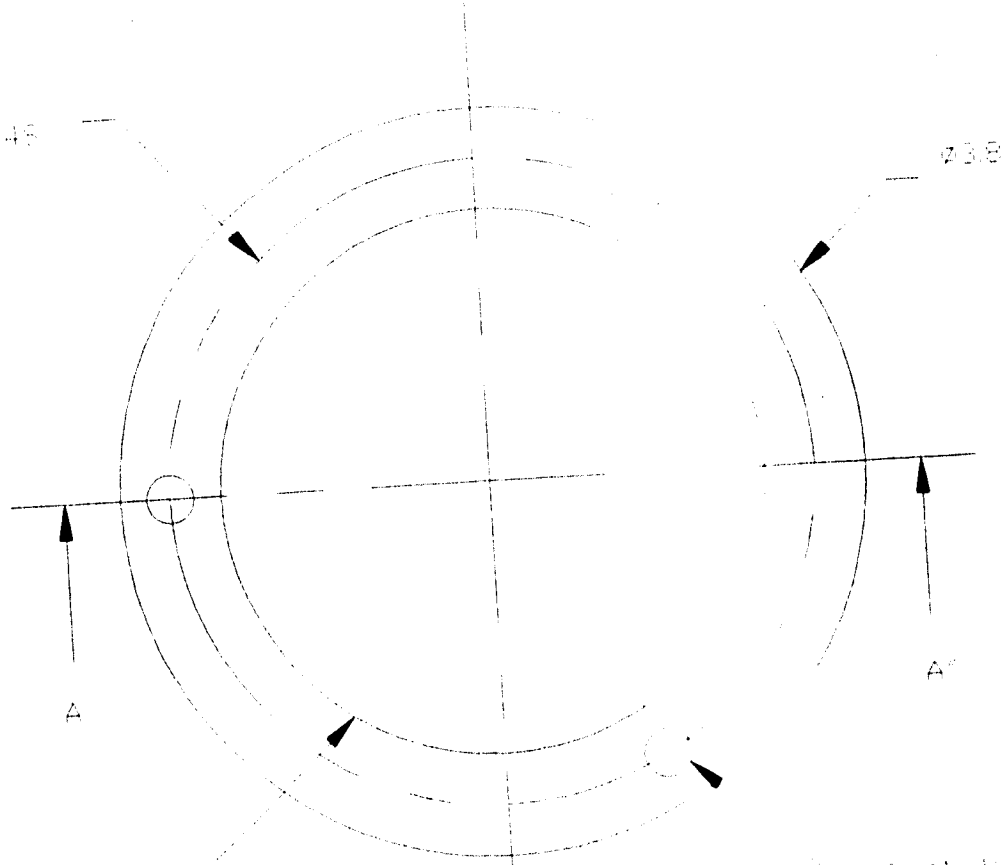


CORTE A-A

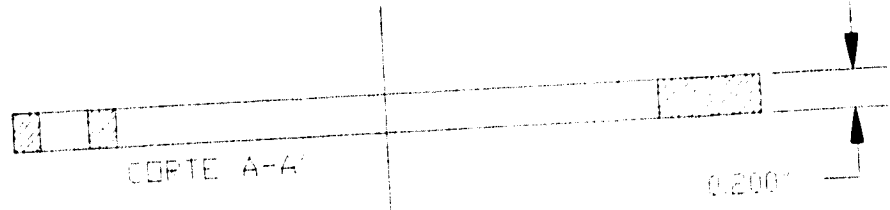
ESCALA 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL ACIM 6061T6	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA AEREOLOGICA	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO
	EMBOLO 4	PROFESOR	INGENIERO MI LEOPOLDO GONZALEZ G
		Nº DE PIEZA	Nº DE PLANO
		1-6	10

Ø3.845

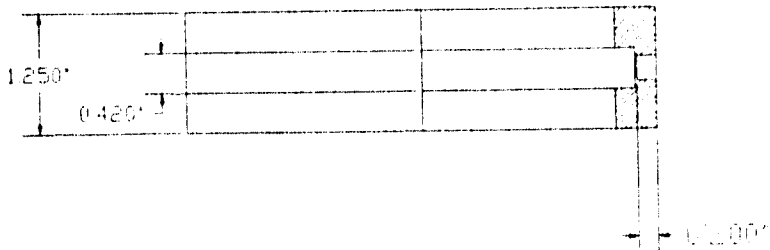
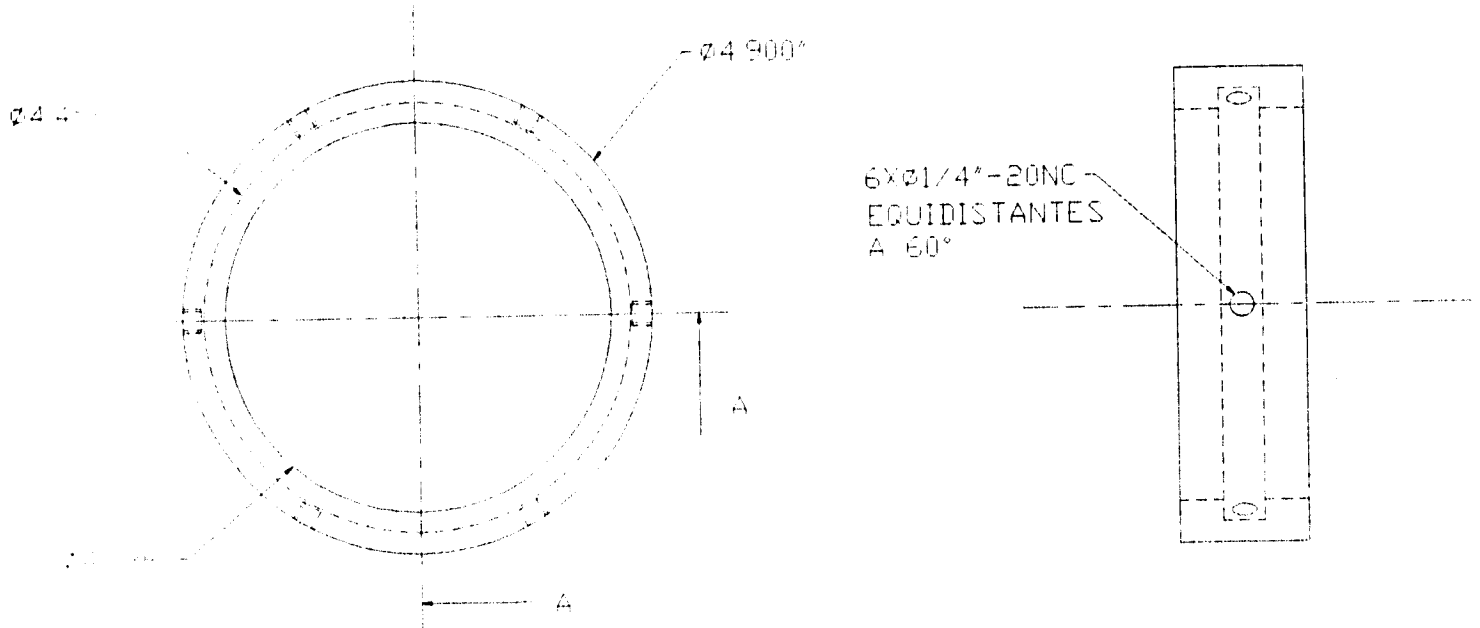
Ø3.875



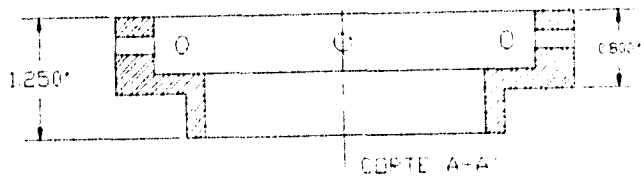
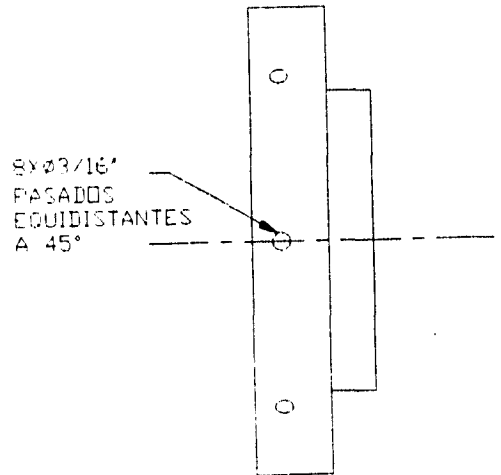
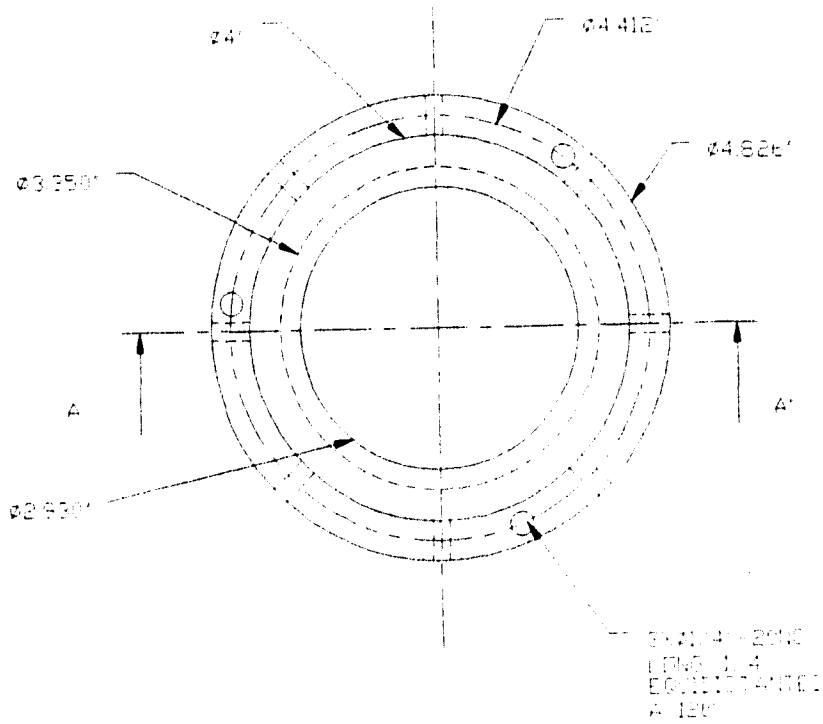
Ø2.820
Ø3.875
Ø2.141 RACADOC
EQUIDISTANTES A 120°



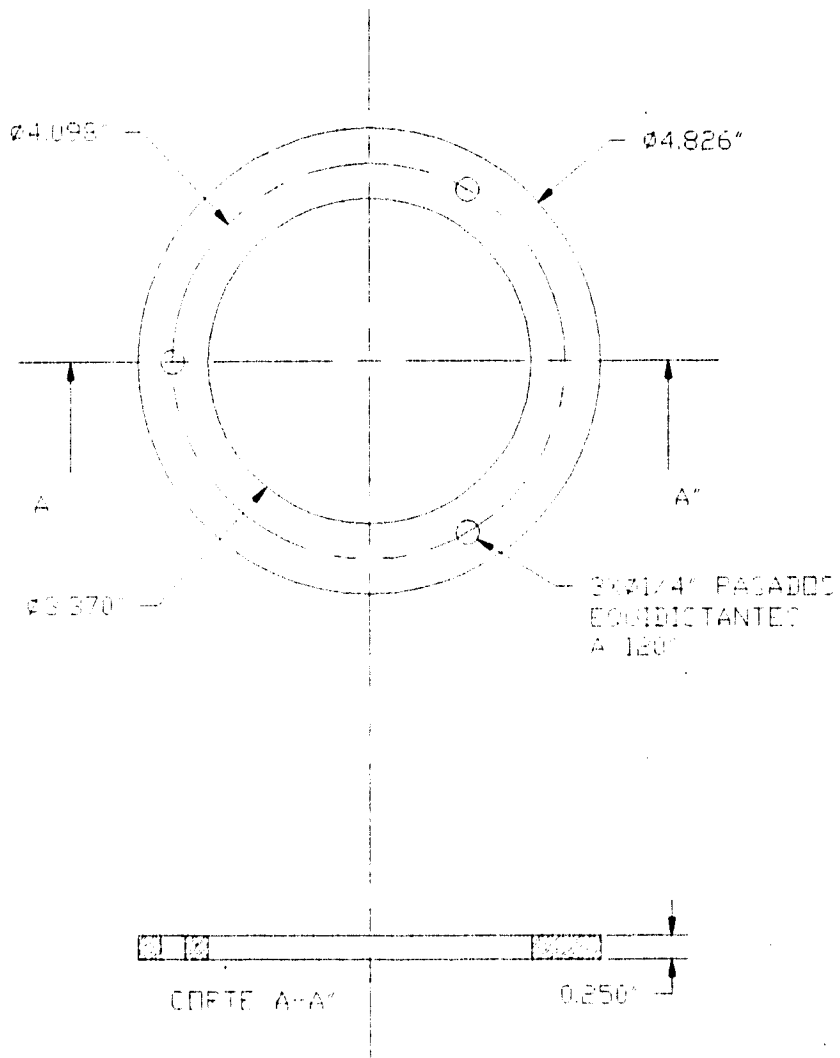
ESCALA 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL ACIM 6081TB	TESIS
TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		INTEGRACION VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLAND	
ANILLO #1		Nº DE PIEZA	Nº DE PLANO
		1-7	11



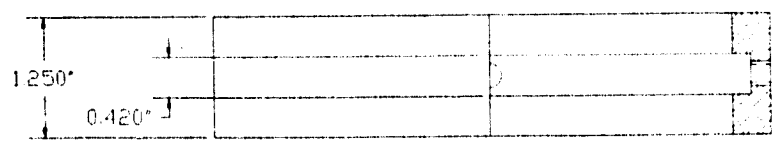
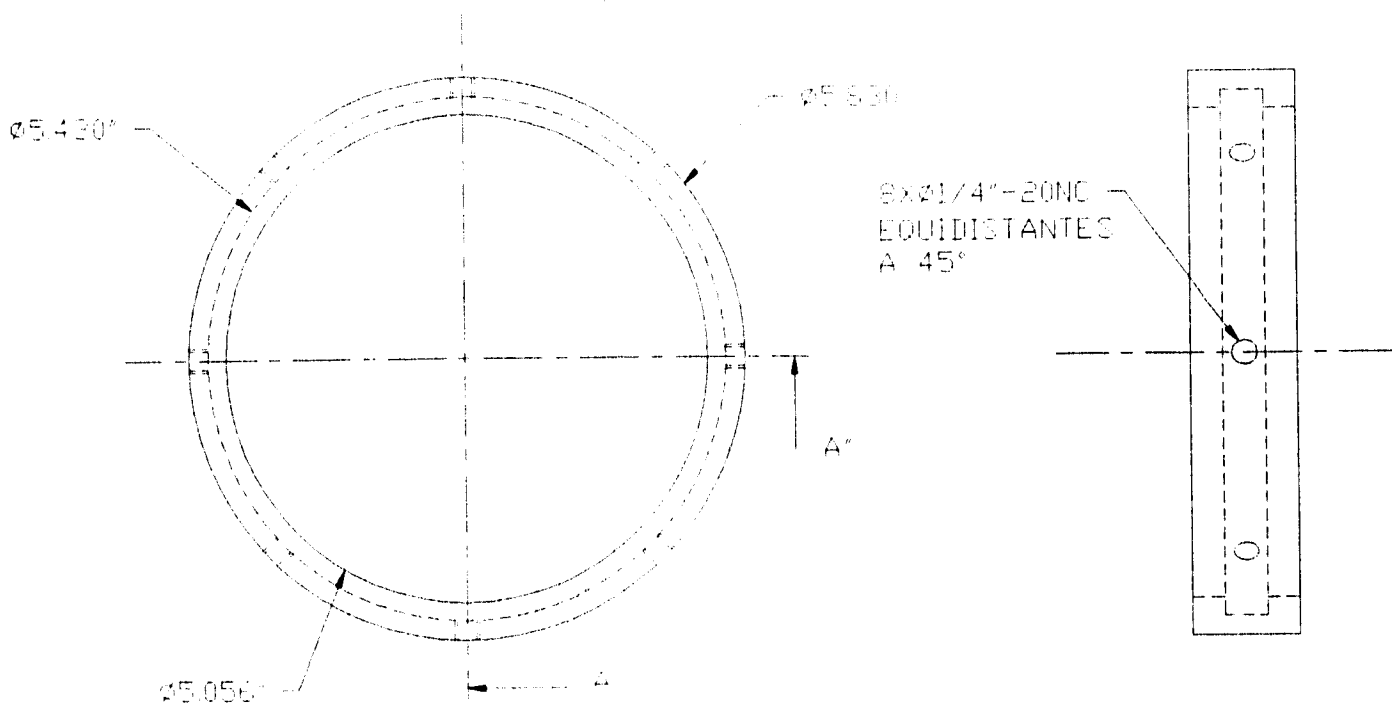
ESCALA 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL ACTM 6061T6	TESIS
UNAM	DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ABELLANO		Nº DE PLANO: 12
	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA APDO. M. LEOPOLDO GONZALEZ S.		
	LIMITE DE CARRERA 5º	Nº DE PIEZA: 1-8	



ESCALA 1:2	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	MATERIAL ALUM 806116	TESIS
F UNAM	TERRE PARA FOTOGRAFIA ARQUITECTONICA	AUTORES: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANIZ	
	EMBOLO 5"	ARABES: M. LEOPOLDO GONZALEZ G.	
		Nº. DE PIEZA: 1-9	Nº. DE PLANO: 13

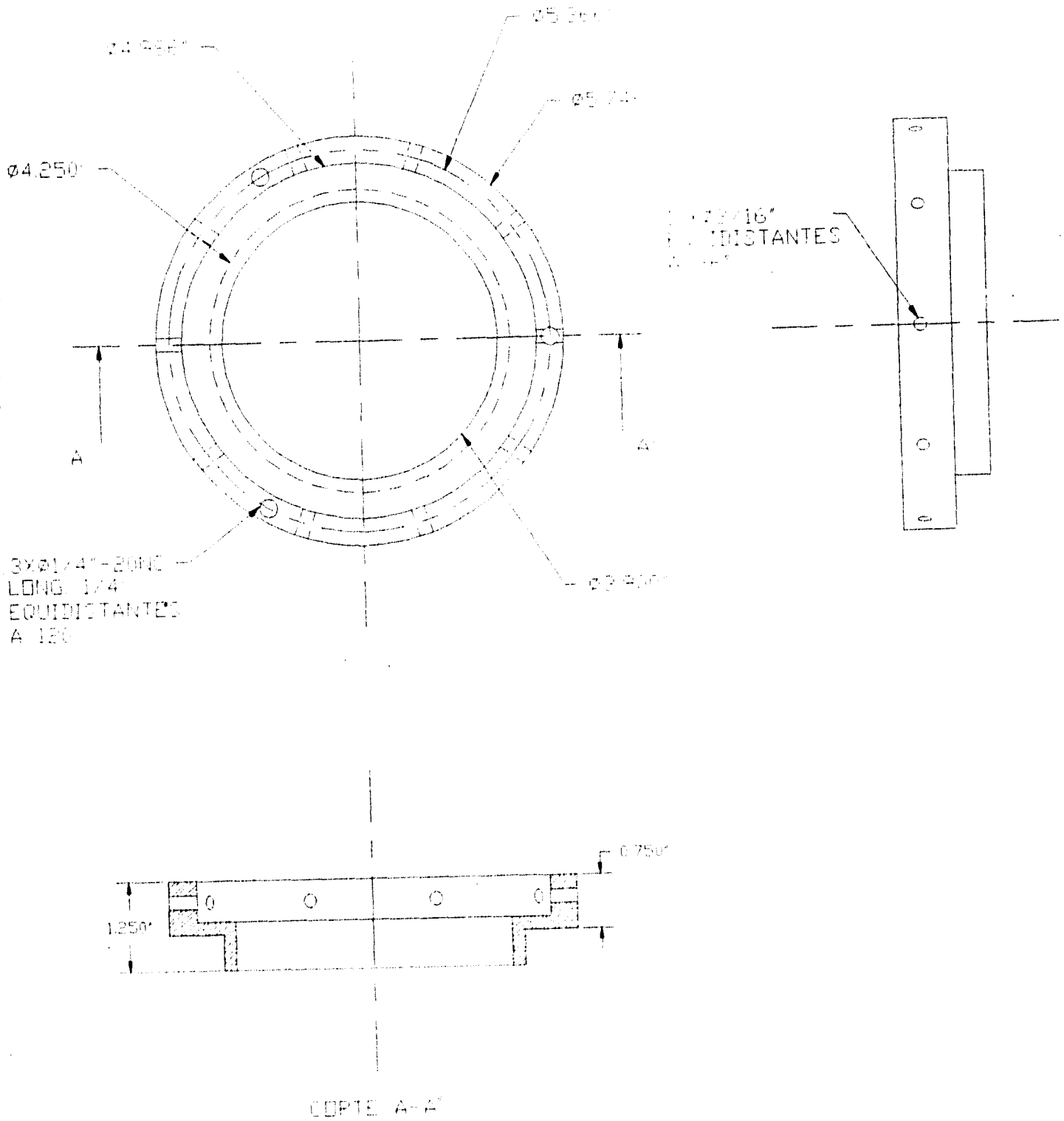


ESCALA 1:2	ACOTACIONES	MATERIAL ACTM 6061T6	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISERARON VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLAND	APROB. MI LEOPOLDO GONZALEZ G.
	ANILLO 5	Nº DE PIEZA 1-10	Nº DE PLANO 14

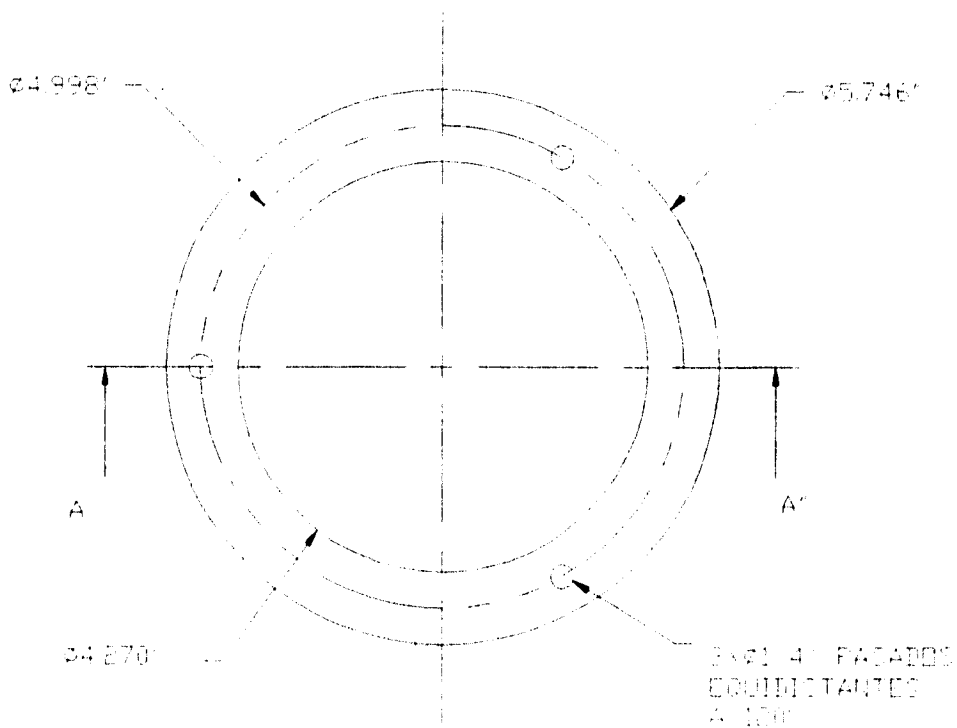


CORTE A-A

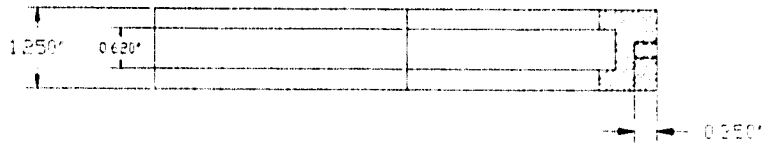
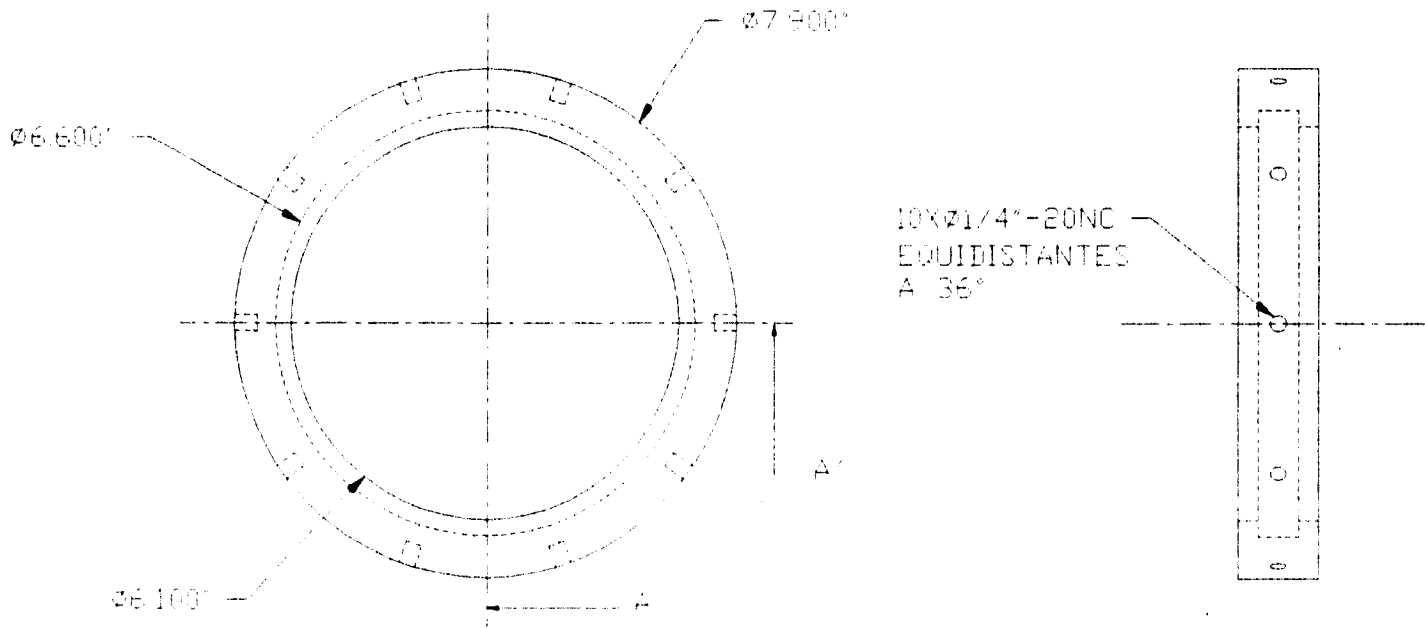
ESCALA: VE	ACOTACIONES	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO		No. DE PLANO: 15
	LIMITE DE CARRERA: F		
		No. DE PIEZA: 1-11	



ESCALA 1:2	ACOTACIONES	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISENADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	APROBADO: MR. LEOPOLDO GONZALEZ G.
	EMBOLC 6	Nº DE PIEZA: 1-12	Nº DE PLANO: 16

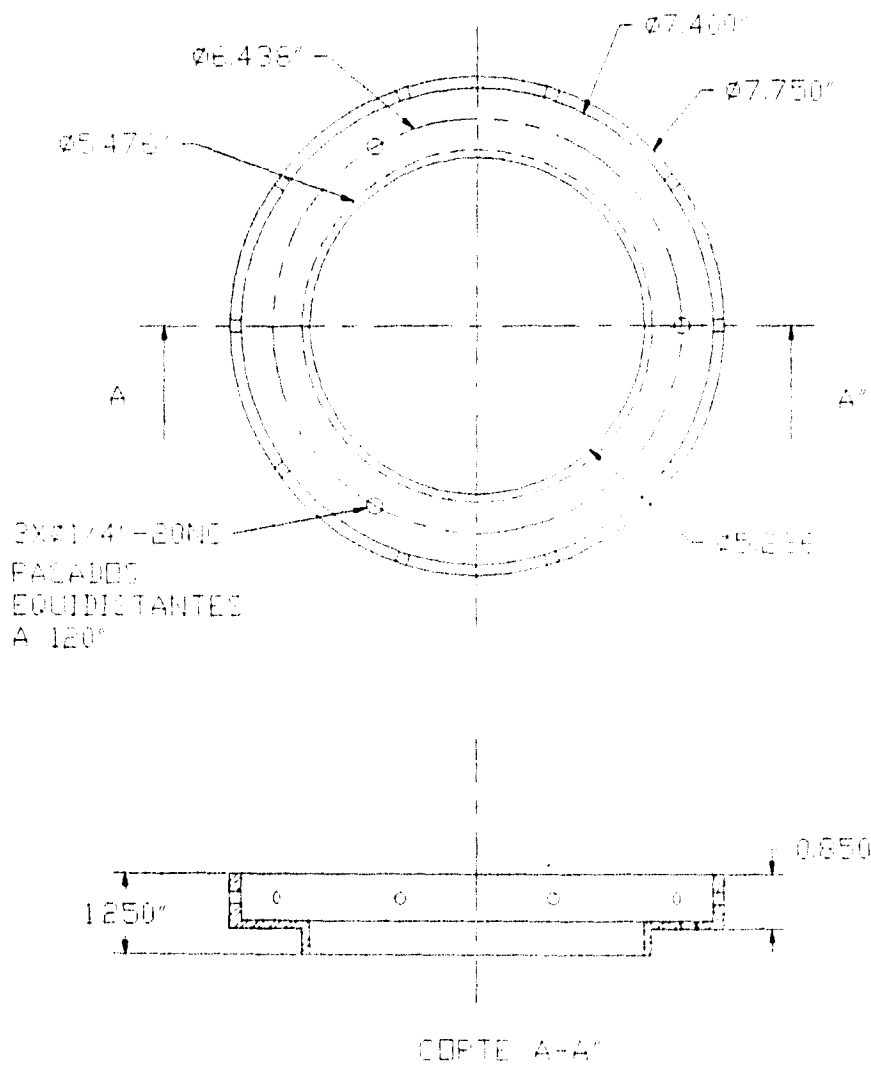


ESCALA 1:2	ACOTACIONES	MATERIAL: ASTM A6061T6	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	ELABORADO: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANO	
	ANILLO 8	PROFESOR: LEOPOLDO GONZALEZ G	
		NO. DE PIEZA: 1-13	NO. DE PLANO: 17

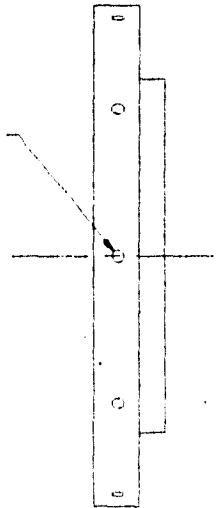


CORTE A-A'

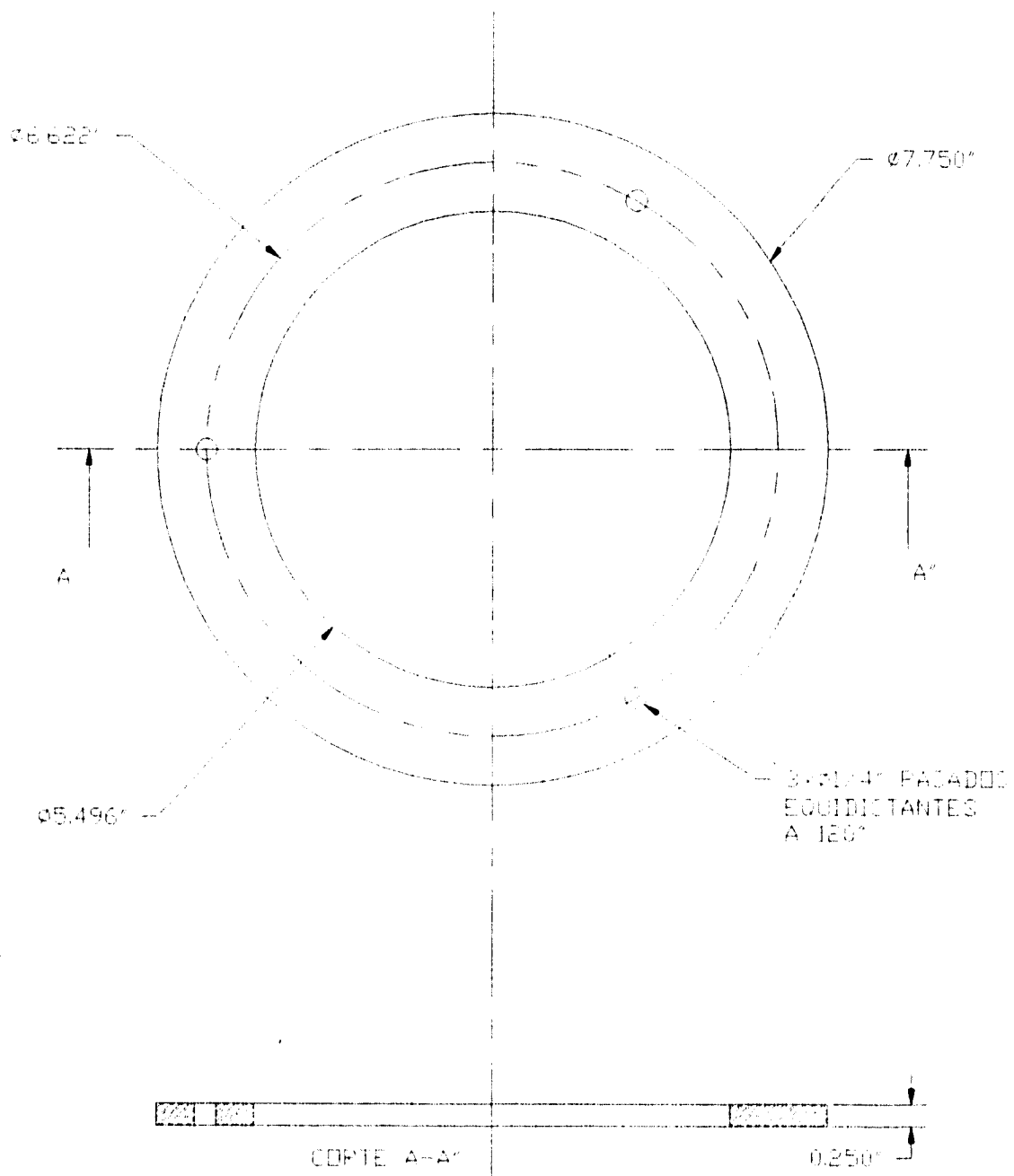
ESCALA 1:3	ACOTACIONES M	MATERIAL ACTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	DISEÑADOR: VICTOR LBERA Y ANTONIO APELLANO		Nº DE PLANO: 18
	AFERIDO M: LEOPOLDO GONZALEZ G.		
LIMITE DE CALLE 6'		Nº DE PIEZA: 1-14	



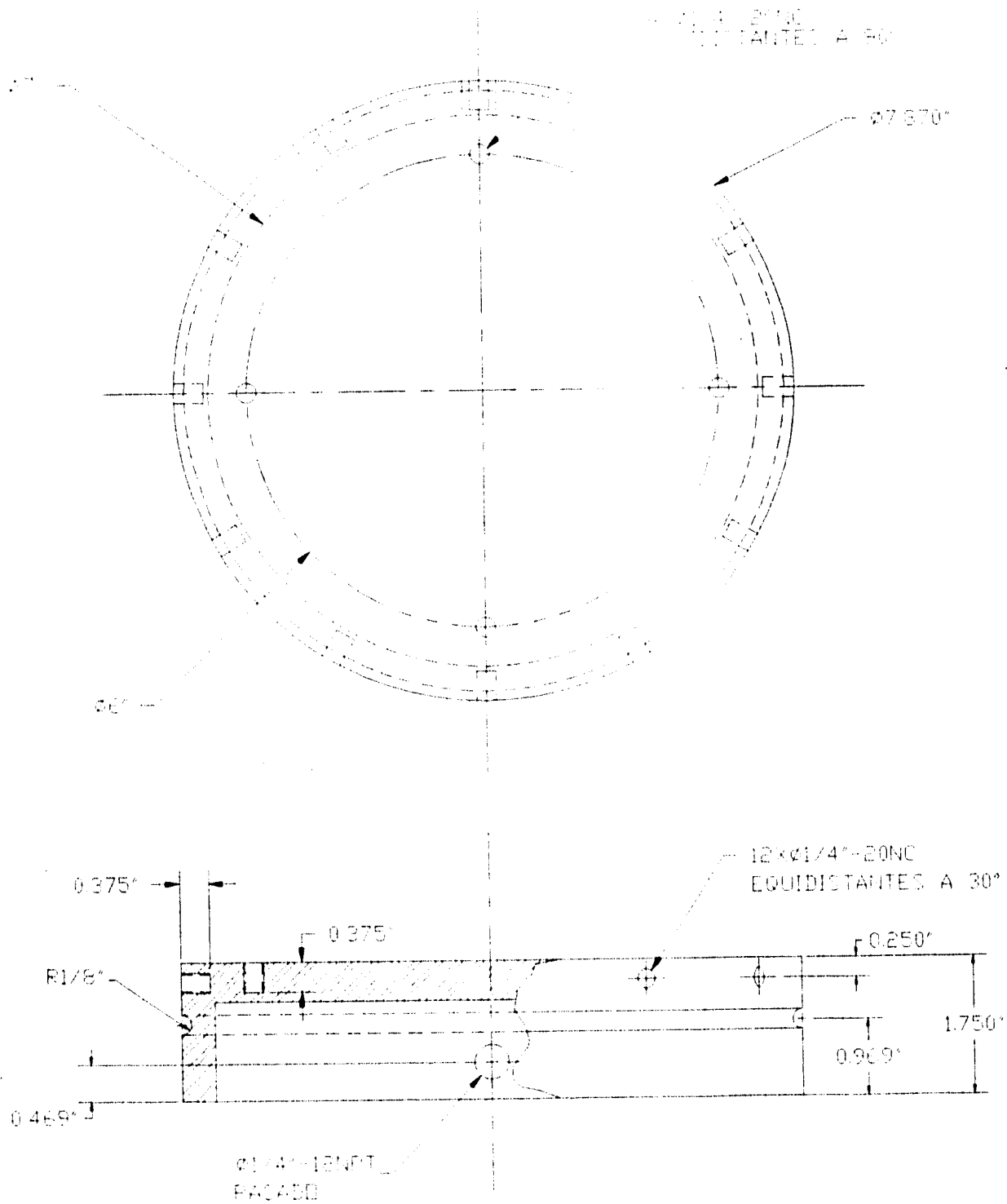
10xØ3/16" PASADOS
 EQUIDISTANTES
 A 36°



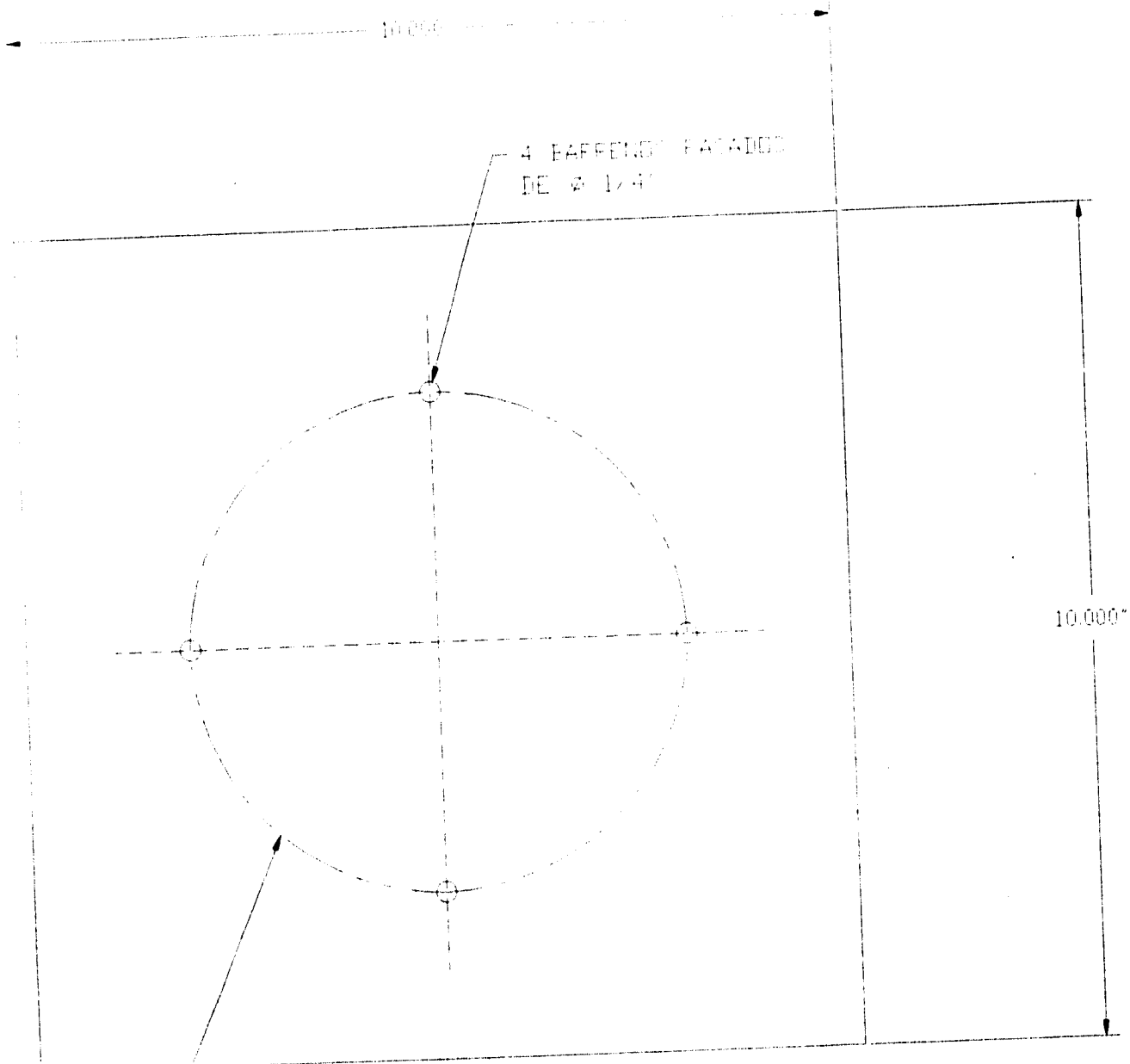
ESCALA 1:1	ADAPTACIONES	MATERIAL ALUM 6061T6	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA AEREOLECCION		INTEGRADOS: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO
	EMPRESA S.A.		PROFESOR: LEOPOLDO GONZALEZ G.
		No. DE PIEZA: 1-15	No. DE PLANO: 19



ESCALA 1P		ADITABLE	MATERIAL ATM 5061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	
	AÑO DE 67		APROBADO POR: LEOPOLDO GONZALEZ G	
		No. DE PIEZA	No. DE PLANO	
		1-16	20	



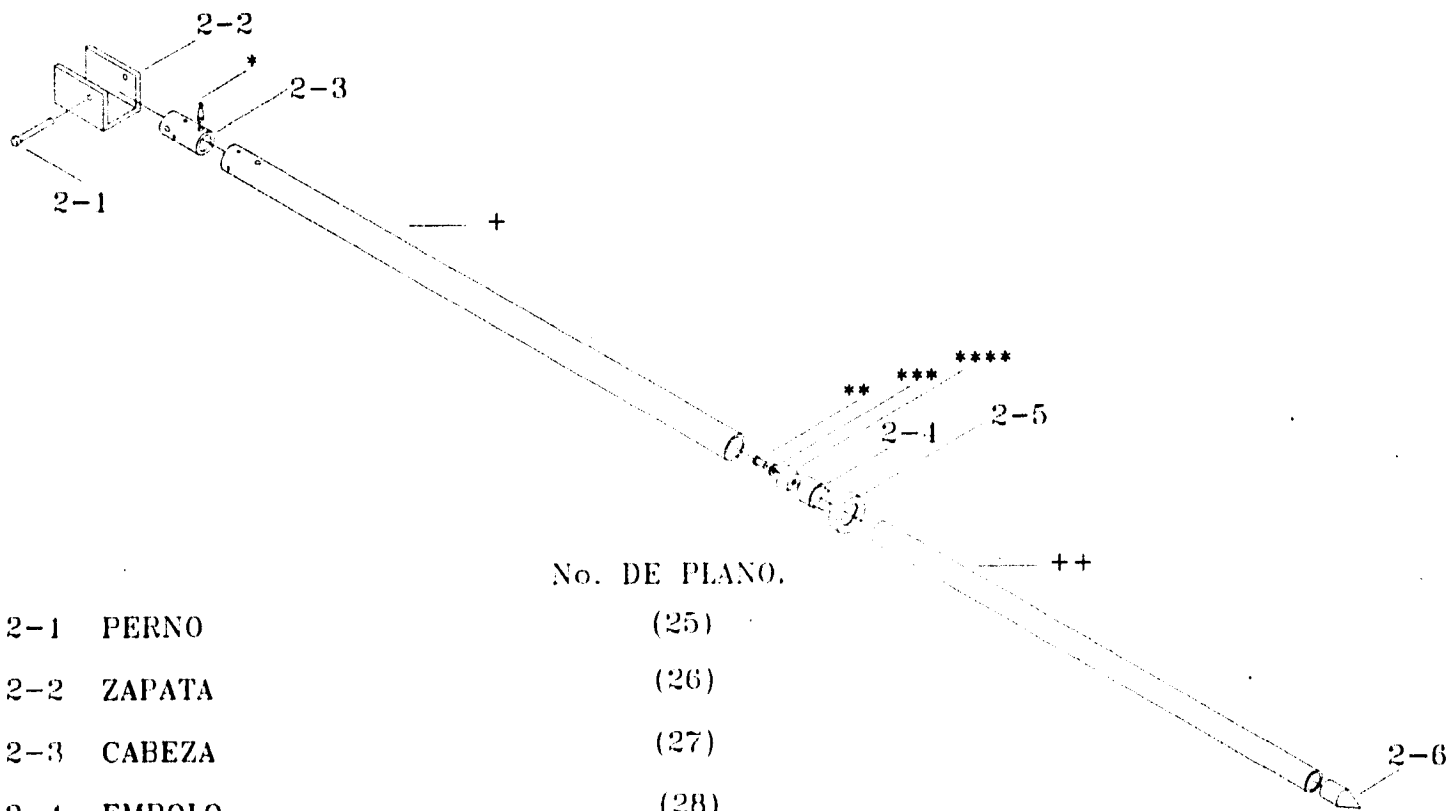
ESCALA: 1:1	ADOTACION: 1:1	MATERIAL: ASTM A06116	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA AEREOLOGICA - LEONARDO VICTOR LDERA Y ANTONIO APELLANO		
	TAPA INFERIOR DE LA TORRE - LEOPOLDO GONZALEZ G		
	TAPA INFERIOR DE LA TORRE	NO. DE PIEZA: 1-17	NO. DE PLANO: 21



PLACA DE 1.28"

ESCALA 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL ASTM 6061B	TESIS
E DINAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	UNIVERSIDAD VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	ARQUEOLOGO LEOPOLDO GONZALEZ G.
	PLACA DE SOPORTE DE LA COLUMNA	No DE PIEZA 1-18	No DE PLANO 22

4.4 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE SOPORTE



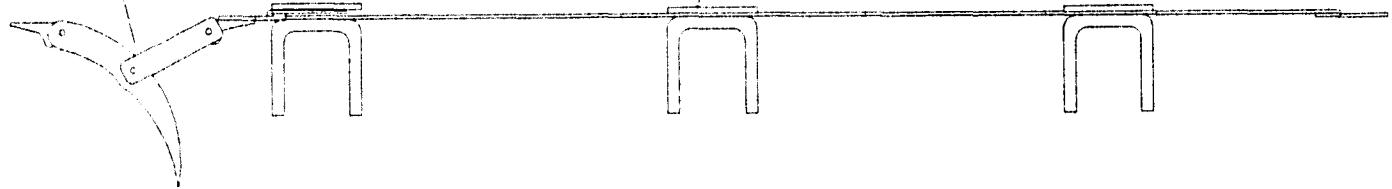
No. DE PLANO.

2-1	PERNO	(25)
2-2	ZAPATA	(26)
2-3	CABEZA	(27)
2-4	EMBOLO	(28)
2-5	LIMITADOR	(29)
2-6	PUNTA	(30)
*	ESPIGA DE ENTRADA DE AIRE	
**	TORNILLO	
***	RONDANA	
****	EMPAQUE DE COPA	
+	TUBERIA SUPERIOR	
++	TUBERIA INFERIOR	

		T E S I S
	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA DEL INEC. VICTOR LOPEZ Y ANTONIO ARELLANO	
	EXPLOSION DE LA BATA DEL SISTEMA DE SOPORTE	
	No. DE PLANO	23

PALANCA COMERCIAL
PARA CINCHO DE 8-10"

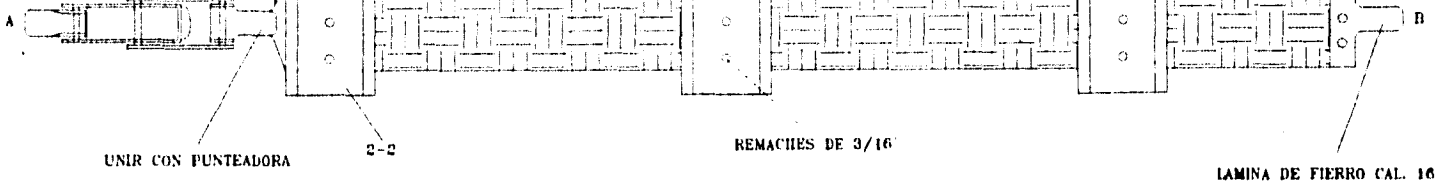
PLACA DE HULE
DE 1/8" X 3" X 1/2"



LAMINA DE FIERRO CAL. 16

0.250"

CINTA PARA CINTURON DE SEGURIDAD
DE 2" X 22 1/4"



UNIR CON PUNTEADORA

2-2

REMACHES DE 3/16"

LAMINA DE FIERRO CAL. 16

NOTA: LOS EXTREMOS A Y B
UNIRLOS ENTRE SI CON PUNTEADORA

ESCALA 1:4



T E S I S

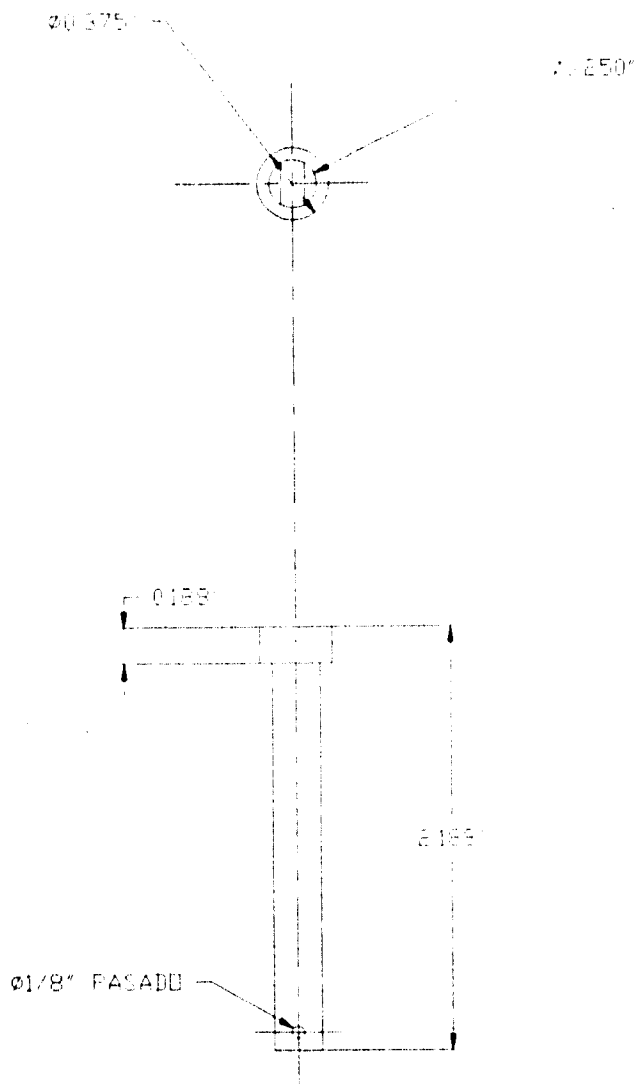
UNAM

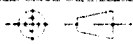

TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA

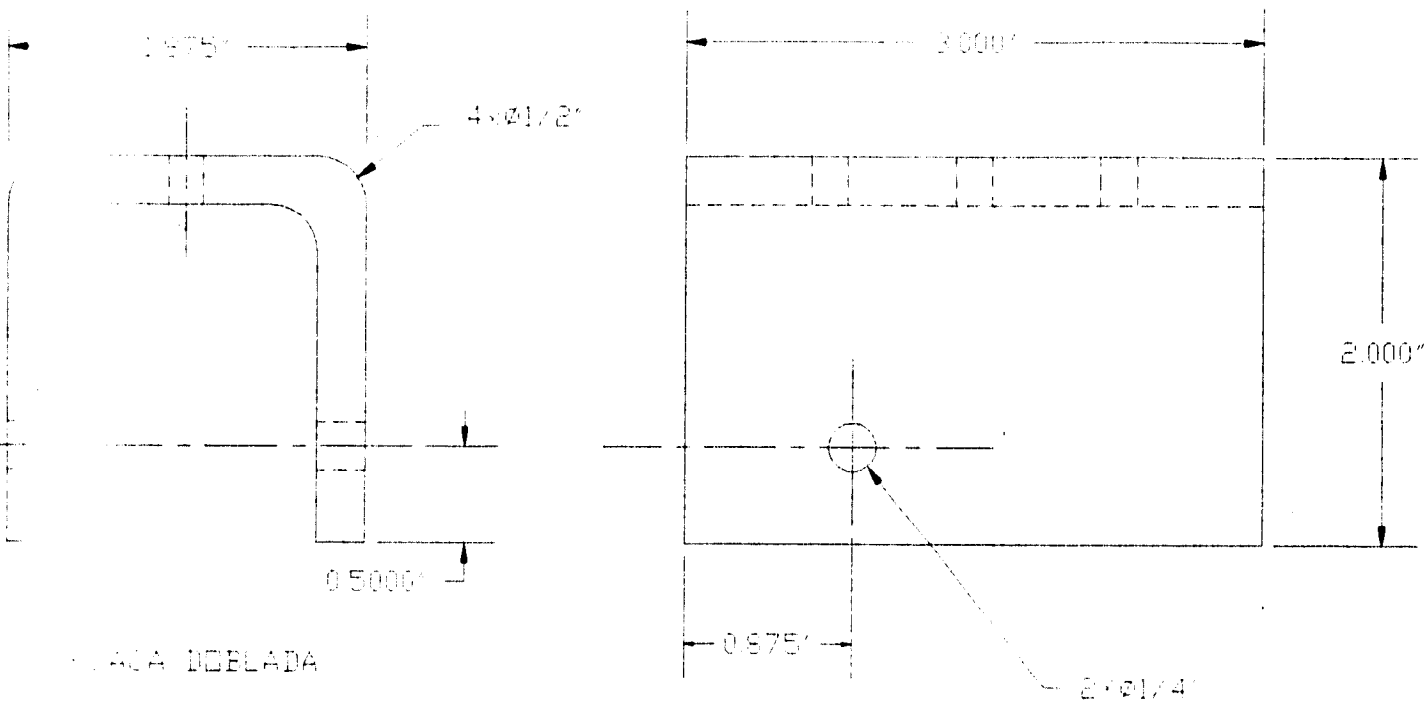
DISENARON: VICTOR LOERA Y ANTONIO AFELLANO
APROBO MI LEOPOLDO GONZALEZ G.

PLANO DE FABRICACION DEL CINCHO
PARA EL SISTEMA DE SOPORTE

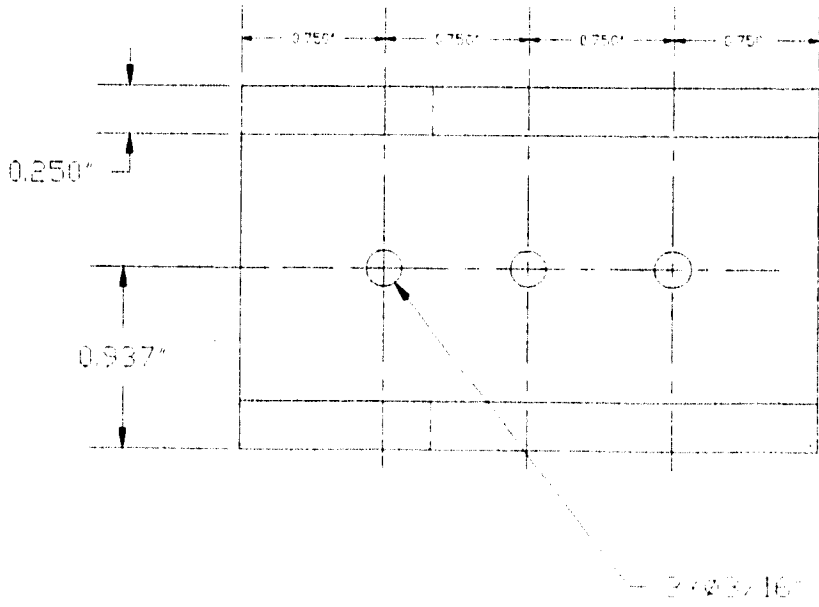
Nº DE PLANO
24



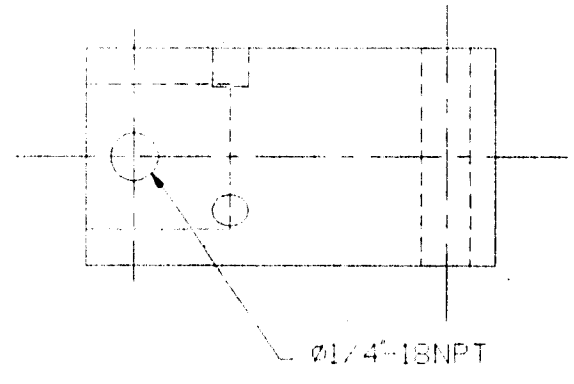
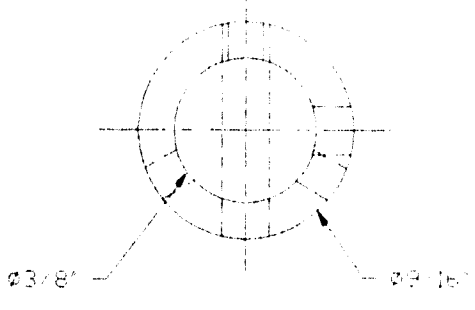
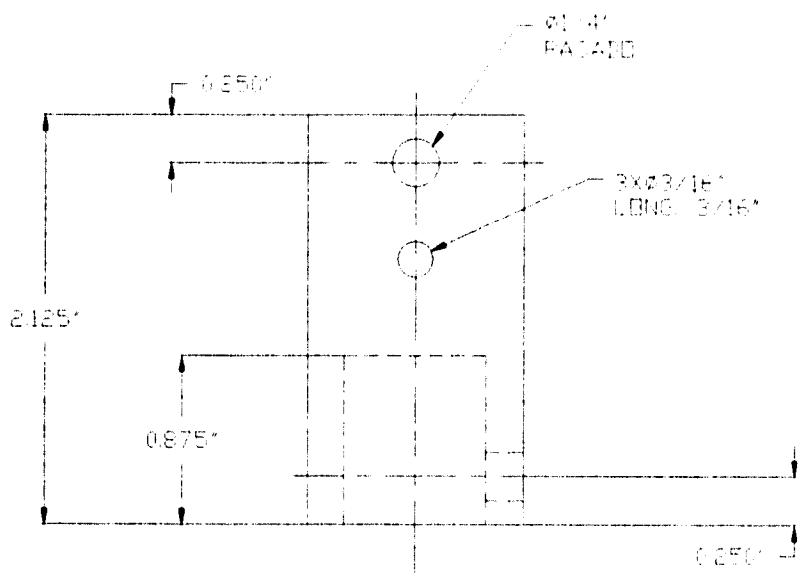
ESCALA: 1:1		ACOTACIONES	MATERIAL: ACTM 6061T6	TESIS
	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑARON: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	
	REPND		No DE PIEZA: 2-1	No DE PLANO: 25



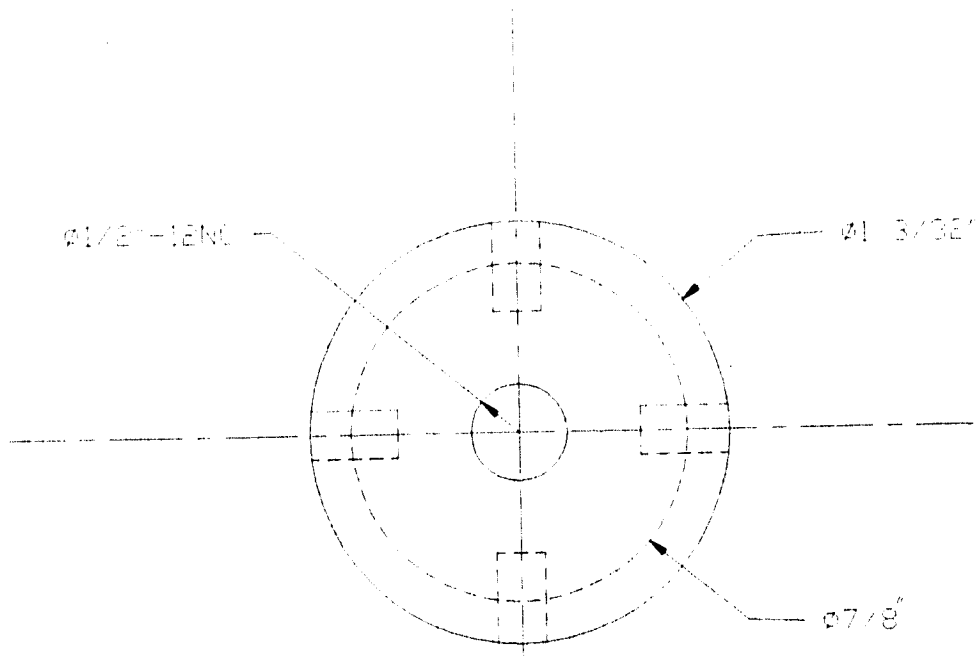
PLACA DOBLADA



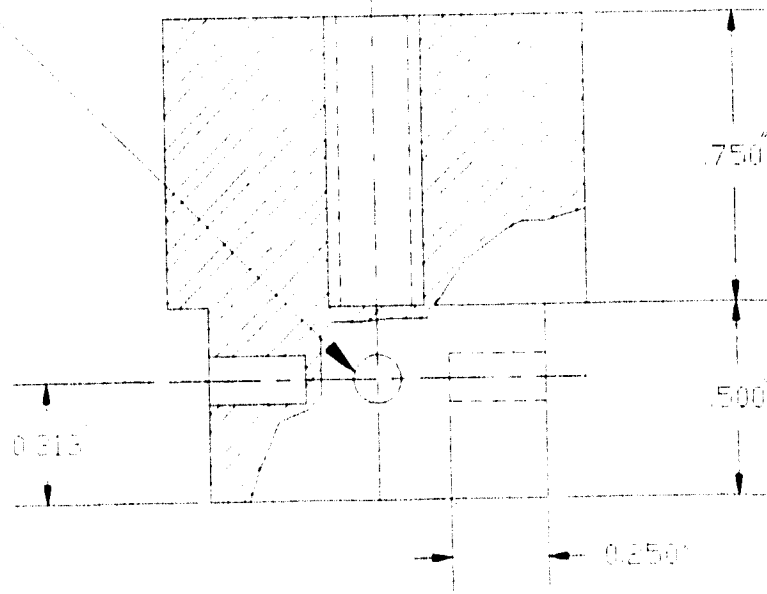
ESCALA 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL ASTM 6061T6	TESIS
	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA CARATA	DISEÑADOR VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANO APROBADO M. LEOPOLDO GONZALEZ G.	No. DE PIEZA 2-2
			No. DE PLANO 26



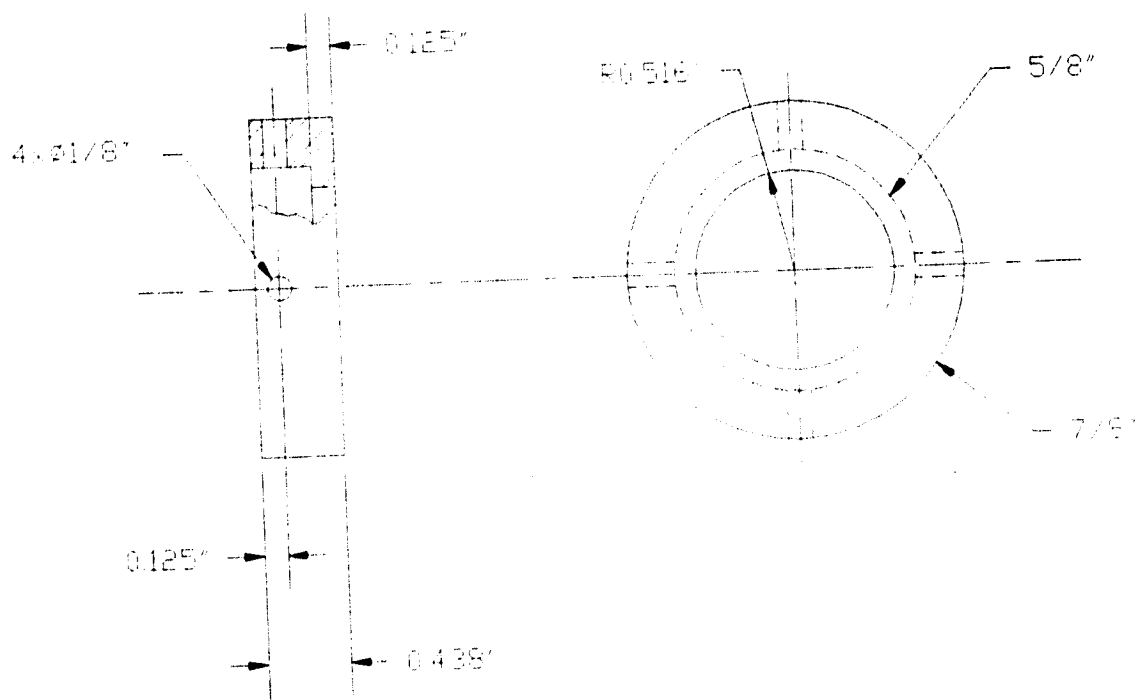
Escala 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
	TORRE PARA FOTOGRAFIA AERIAL ESCALA APROX. 1:1 DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO DISEÑADOR: LEOPOLDO GONZALEZ G.		
	CABEDA	NO. DE PIEZA 2-3	NO. DE PLANO 27



4 AGUJEROS
 3/16"
 EQUIDISTANTES A 90°

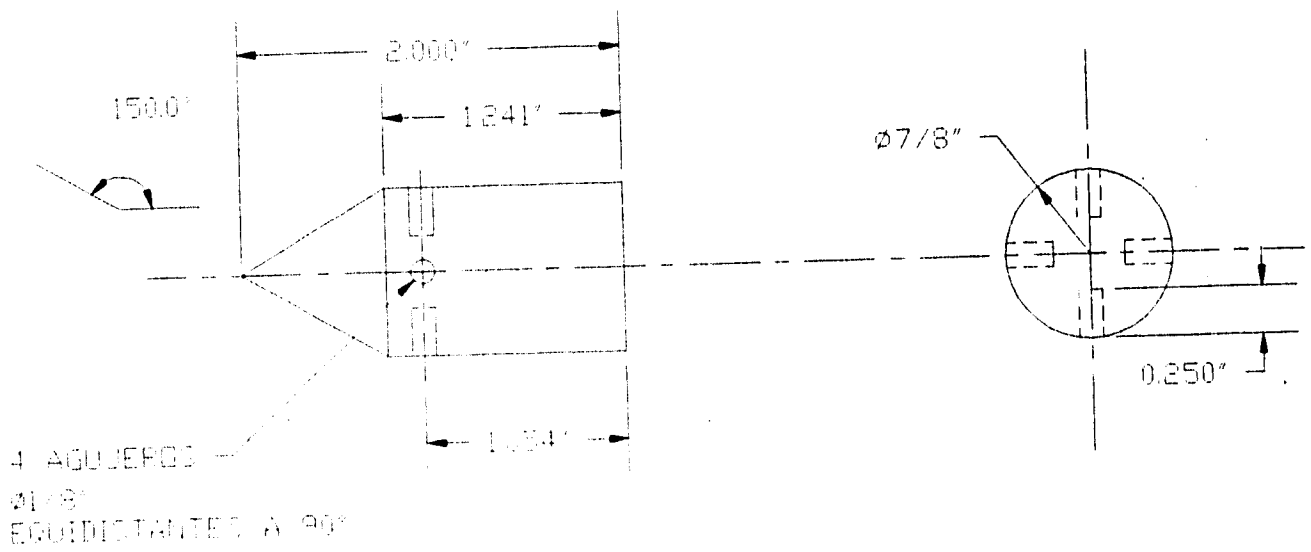


Escala 3:1	ADDTACIONES	MATERIAL ASTM 6061T6	TESIS
UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA AEROFOTODICA	INGENIEROS VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANIZ	
	EMBOLO	APROBADO POR LEONARDO GONZALEZ G.	
		Nº DE PIEZA 3-4	Nº DE PLANO 28



**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

ESCALA 1:1	PROY. AUTOMATICO	MATERIAL ACTM 6061T6	TESIS
UNAM	TOWER PARA FUNDACION APOLOQUENA	ELABORADO VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	
		APROBADO LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	LIMITADO	No. DE PIEZA: 2-5	No. DE PLANO: 29



ESCALA 1:1	ACOMPAÑADO	MATERIAL ASTM A307	TESIS
DISEÑADOR VICTOR LOPEZ Y ANTONIO APOLLANO		DISEÑADOR VICTOR LOPEZ Y ANTONIO APOLLANO	
REVISOR MIGUEL LEOPOLDO GONZALEZ		REVISOR MIGUEL LEOPOLDO GONZALEZ	
NO. DE PIEZA		NO. DE PLANO	
2-1		1-1	

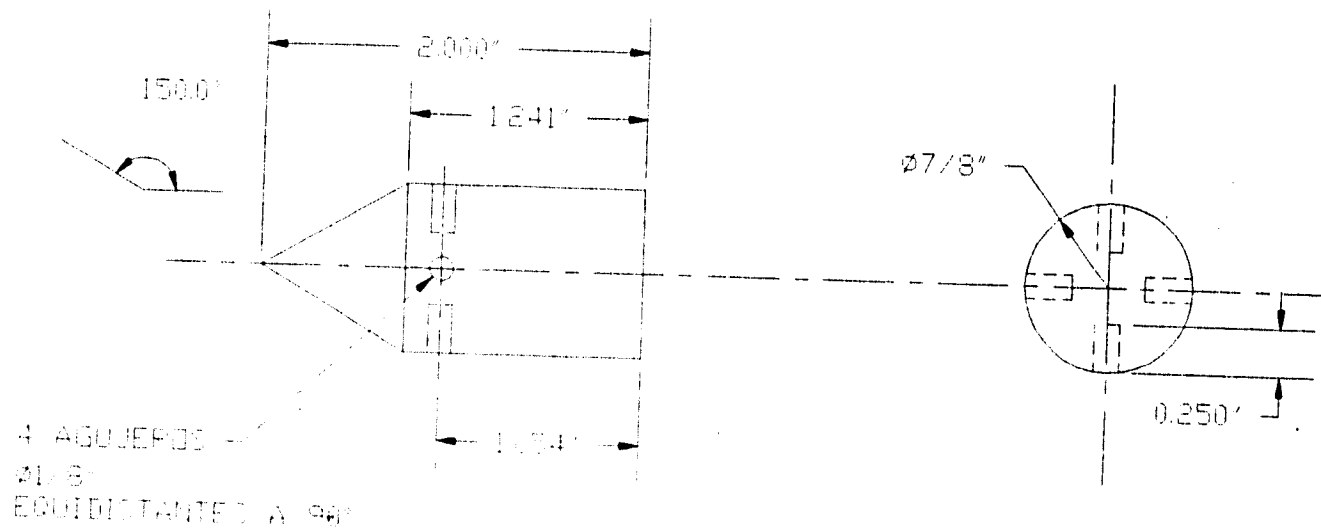
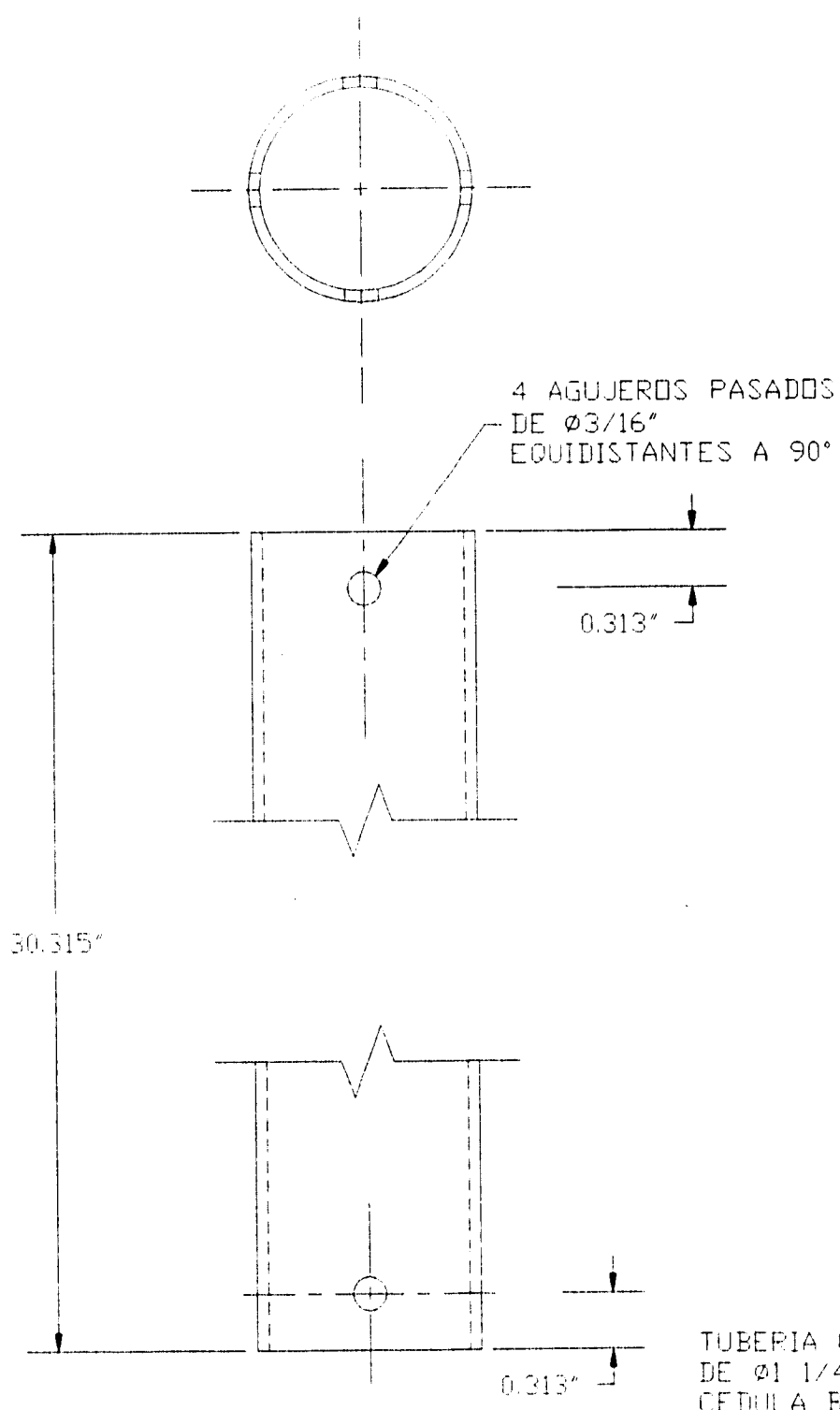


FIGURA N°	1	INDICACIONES	MATERIAL ACIM. 6061-T6	TESIS
FECHA	15/05/2018	REVISOR	VICTOR LOPEZ Y ANTONIO APOLLANO	
PROYECTO	PROYECTO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA CALIENTE PARA UN HOTEL	PROYECTO	PROYECTO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA CALIENTE PARA UN HOTEL	
PROYECTO	PROYECTO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA CALIENTE PARA UN HOTEL	PROYECTO	PROYECTO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA CALIENTE PARA UN HOTEL	



4 AGUJEROS PASADOS
DE Ø3/16"
EQUIDISTANTES A 90°

0.313"

30.315"

0.313"

TUBERIA COMERCIAL
DE Ø1 1/4"
CEDULA BAJA
CONSULTE EL CATALOGO
PARA TUBERIA DE
ALUMINIO DE:
CASA SUMMER

ESCALA: 1:1	ACOTACIONES: m	MATERIAL: UNS A03330T5	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO APROB. MI: LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	DETALLE DE LA TUBERIA SUPERIOR DE LA PATA	No. DE PLANO: 31	

4 AGUJEROS PASADOS
 $\varnothing 1/8"$
 EQUIDISTANTES A 90°

0.188"

26.700"

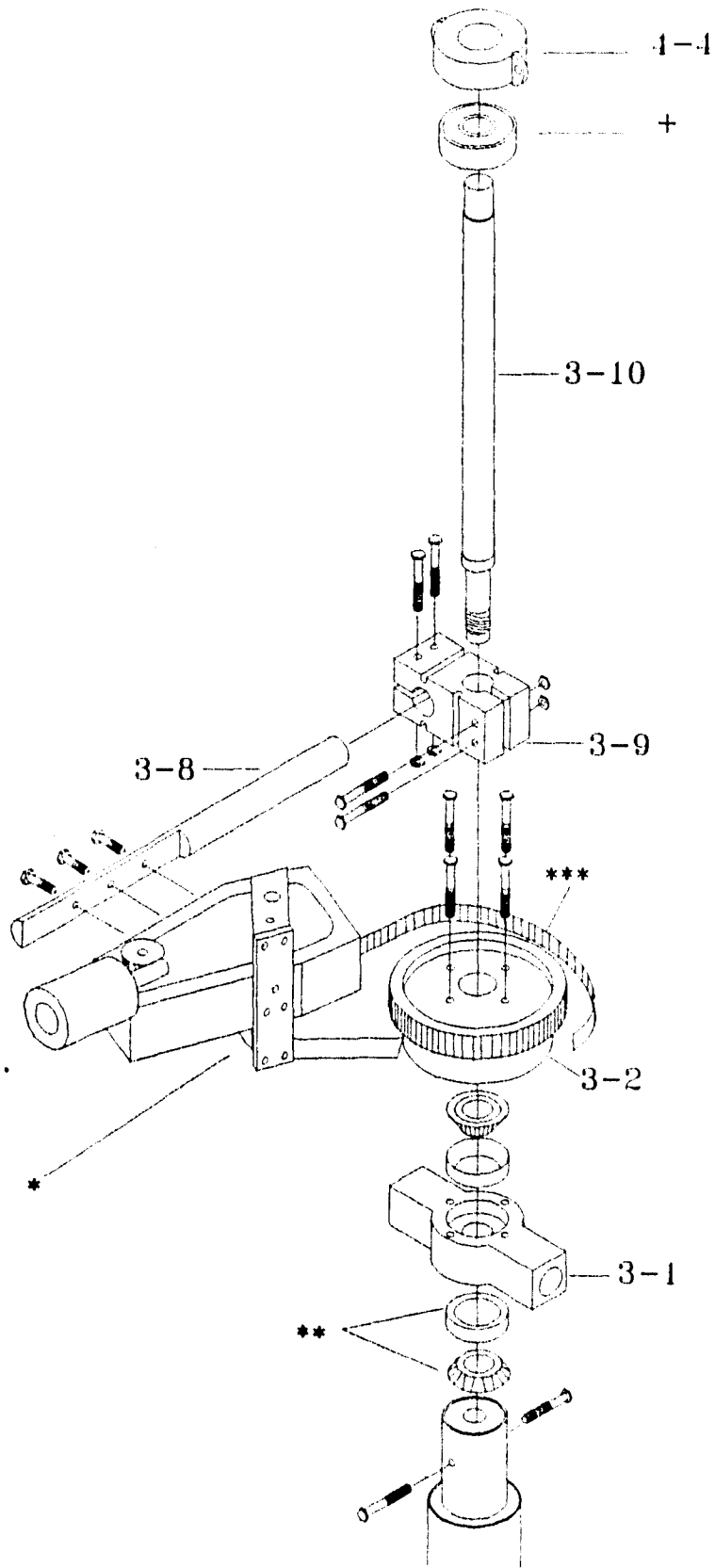
0.188"

TUBERIA COMERCIAL
 DE $\varnothing 1"$
 CEDULA BAJA

CONSULTE EL CATALOGO
 PARA TUBERIA DE
 ALUMINIO DE
 CASA SUMNER

ESCALA: 1:1		ACOTACIONES: in	MATERIAL: UNS A03330T5	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DI. ENAFON: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLAND	No. DE PLANO: 32
	DETALLE DE LA TUBERIA INFERIOR DE LA PATA		APROBO MI: LEOPOLDO GONZALEZ G.	

4.5 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE GIRO DE LA(S) CÁMARA(S)



	No. DE PLANO
3-1 NODO DEL SISTEMA DE GIRO	(35)
3-2 POLEA DENTADA	(36)
3-8 BARRA DE SOPORTE DE LA TRANSMISION	(42)
3-9 NODO DE SOPORTE DE LA TRANSMISION	(43)
3-10 BARRA CENTRAL	(44)
4-4 NODO GIRATORIO DE TIRANTES	(49)
+ RODAMIENTO DE BOLAS	
• TRANSMISION (VER PLANO 34)	
** RODAMIENTO CONICO	
*** BANDA DENTADA	

TESIS

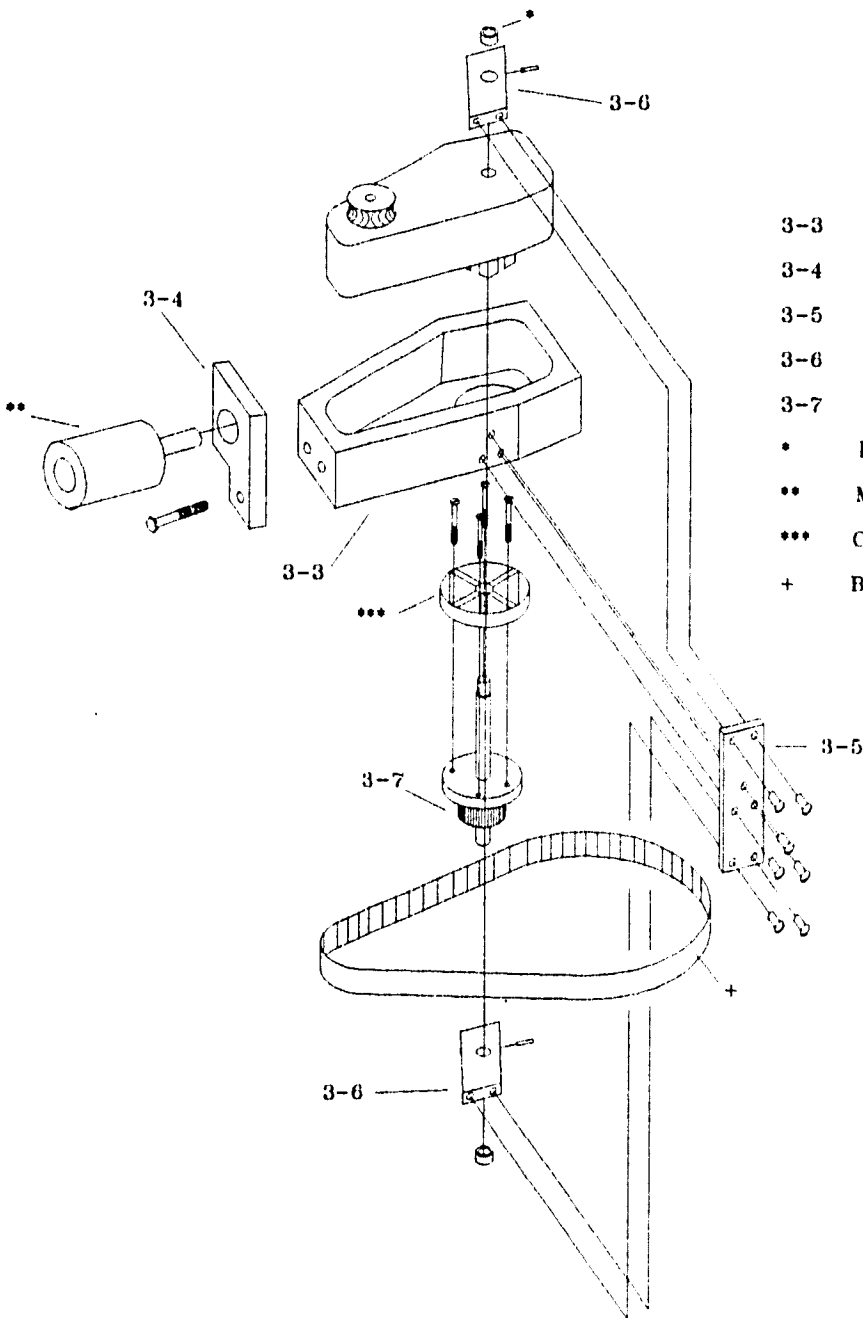
FI
UNAM

TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA

DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO
APROB: M. LEOPOLDO GONZALEZ G.

EXPLOSIVO GENERAL DEL SISTEMA DE GIRO

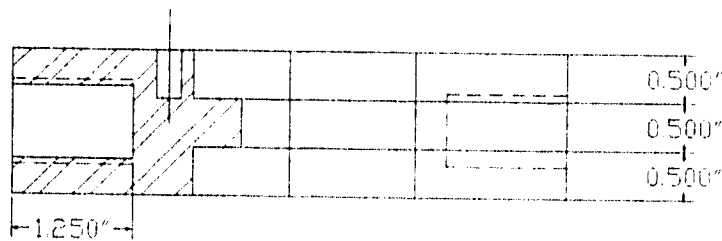
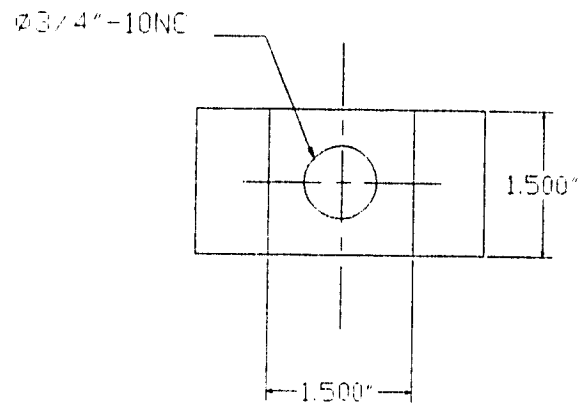
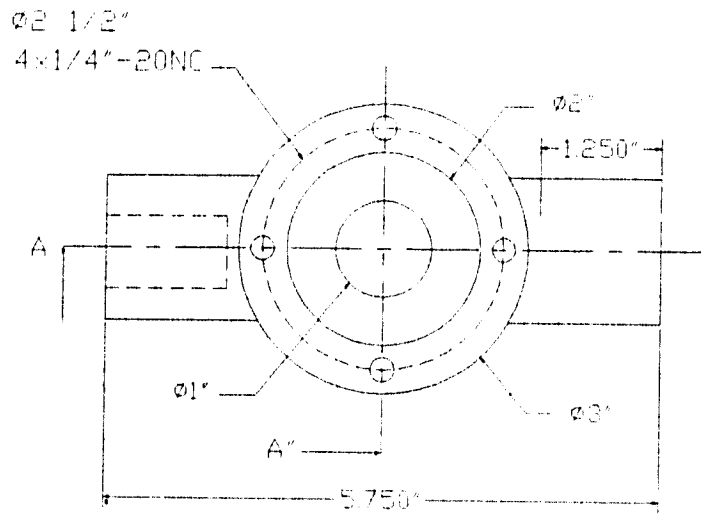
No. DE PLANO:
33



No. DE PLANO

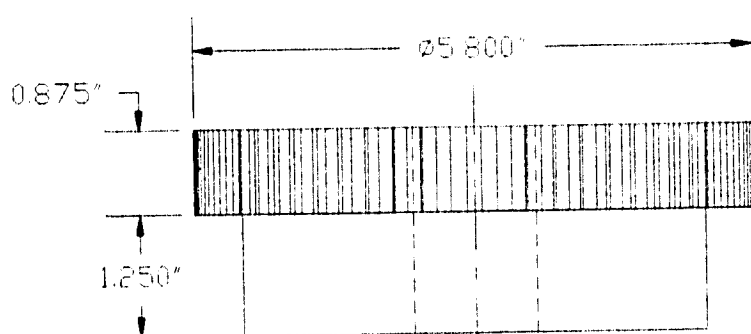
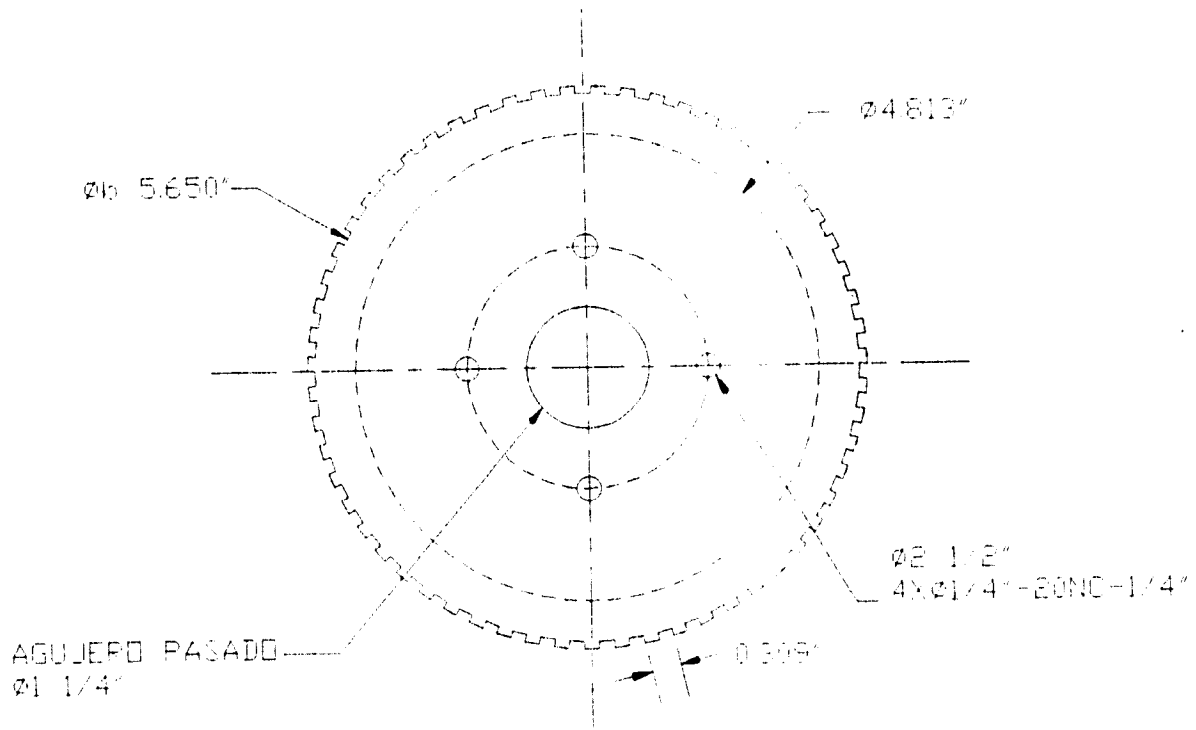
- 3-3 CAJA DE ALOJAMIENTO (37)
- 3-4 BALANCIN DEL MOTOR (38)
- 3-5 TAPA DEL BASTIDOR (39)
- 3-6 BRAZO DEL BASTIDOR (40)
- 3-7 FLECHA DE TRACCION (41)
- * RODAMIENTO DE BOLAS
- ** MOTOR
- *** CONECTOR
- + BANDA DENTADA

		T E S I S	
F UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISEÑADOR	VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO
	EXPLOSIVO DE LA TRANSMISION DEL SISTEMA DE GIRO	APROBADO POR	LEOPOLDO GONZALEZ G.
			No. DE PLANO 34

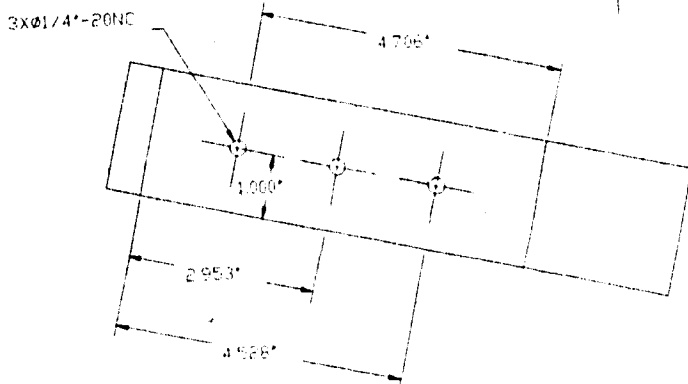
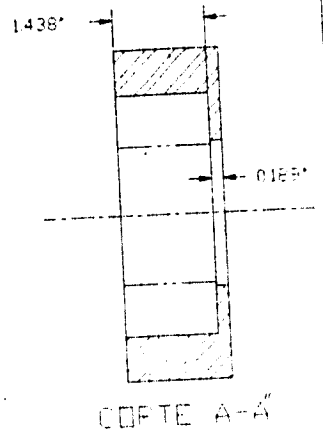
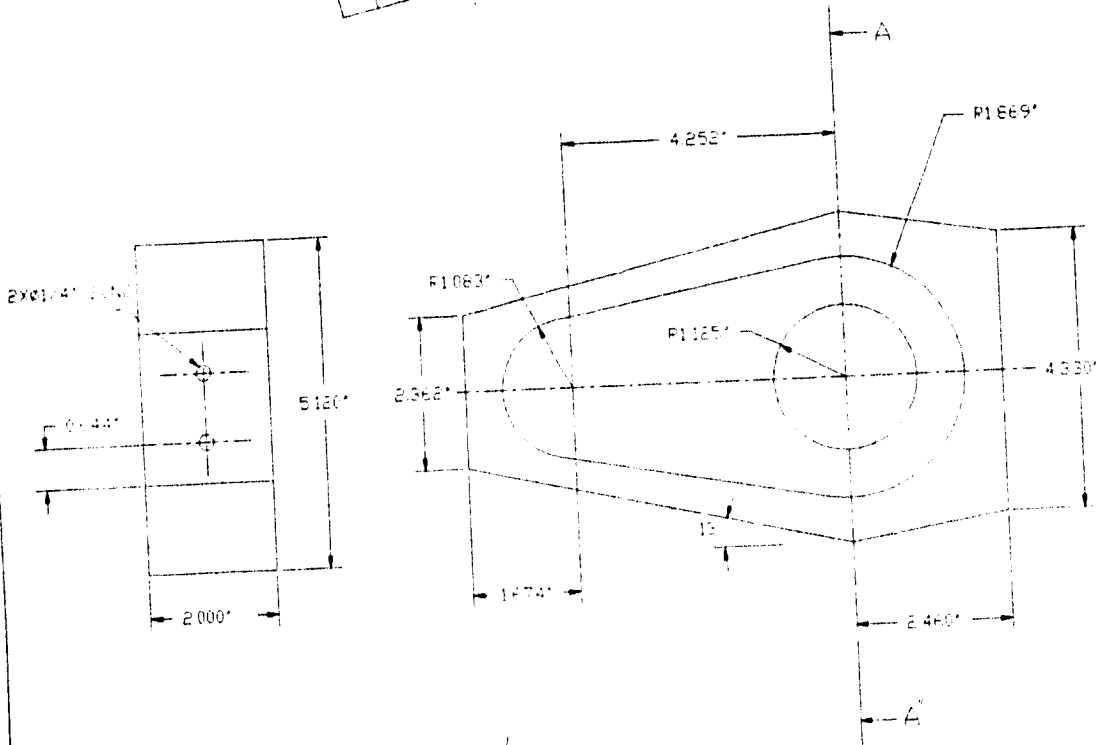
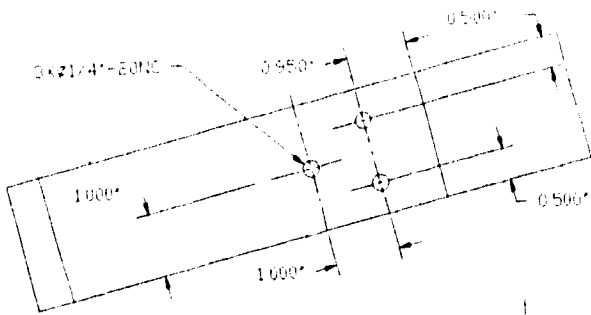



CORTE A-A'

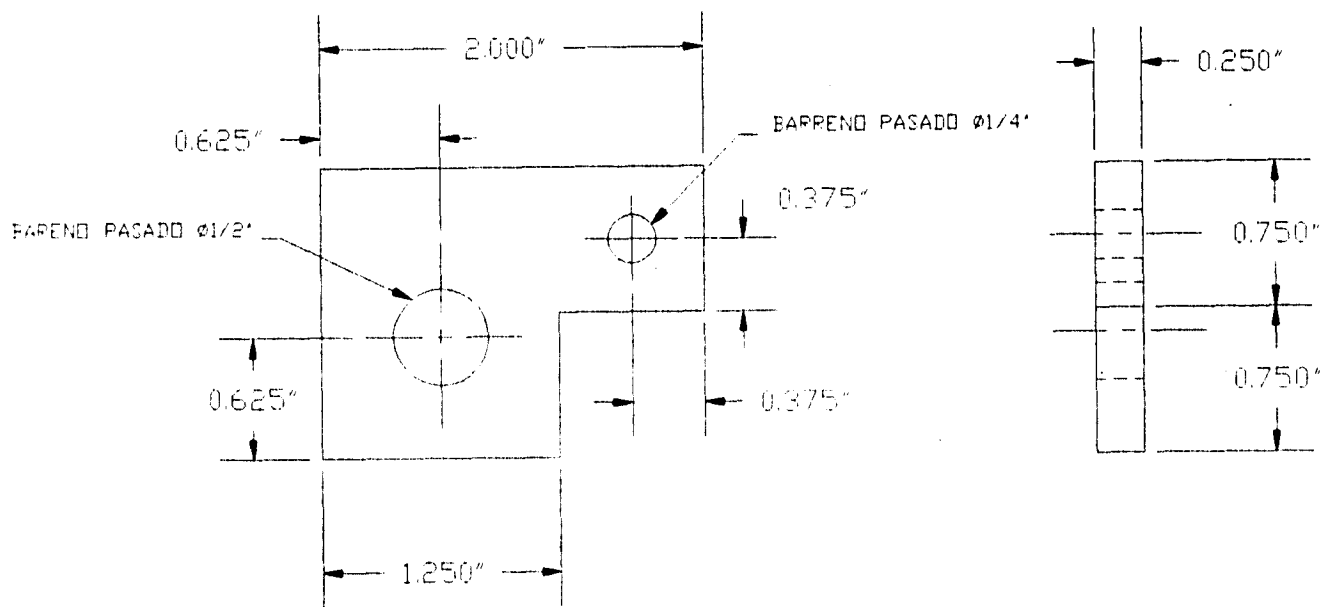
ESCALA: 1:2	ACOTACIONES	MATERIAL: ACTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISEÑADORES: VICTOR LOERA Y ANTONIO AFELLANO	
	NODO DEL SISTEMA DE GIRO	APROBADO POR: LEOPOLDO GONZALEZ G.	
		No. DE PIEZA: 3-1	No. DE PLANO: 35



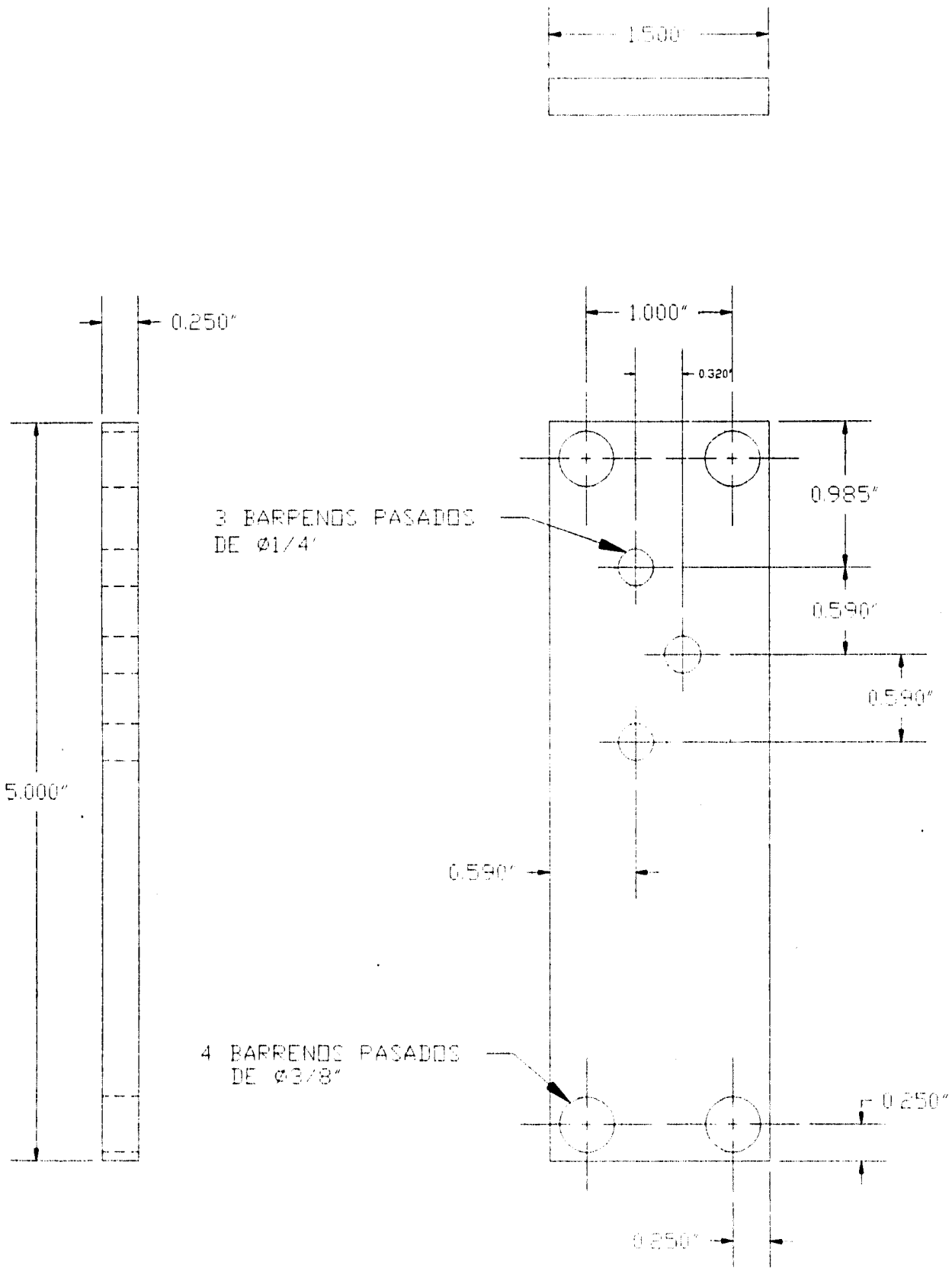
ESCALA 1:2	ACOTACIONES	MATERIAL ASTM A06116	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISENADOR VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	APROBADO MI LEOPOLDO GONZALEZ G.
	POLEA DENTADA	Nº DE PIEZA: 3-2	Nº DE PLANO: 26



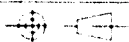
ESCALA 1:3	ACOTACIONES EN mm	MATERIAL ASTM 6061T6	TESIS
	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	INTEGRACION VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	APROBADO POR LEOPOLDO GONZALEZ G.
	CAJA DE ALDAMIENTO	No. DE PIEZA 3-3	No. DE PLANO 37



ESCALA: 1:1	ACOTACIONES: in	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	
	BALANCIIN DEL MOTOR	Nº. DE PIEZA: 3-4	Nº. DE PLANO: 38



ESCALA 1:1



ACOTACIONES

MATERIAL ASTM 6061T6

TESES



TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA

DISEÑADOR VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANÓ
 APROBADO M. LEOPOLDO GONZALEZ G.

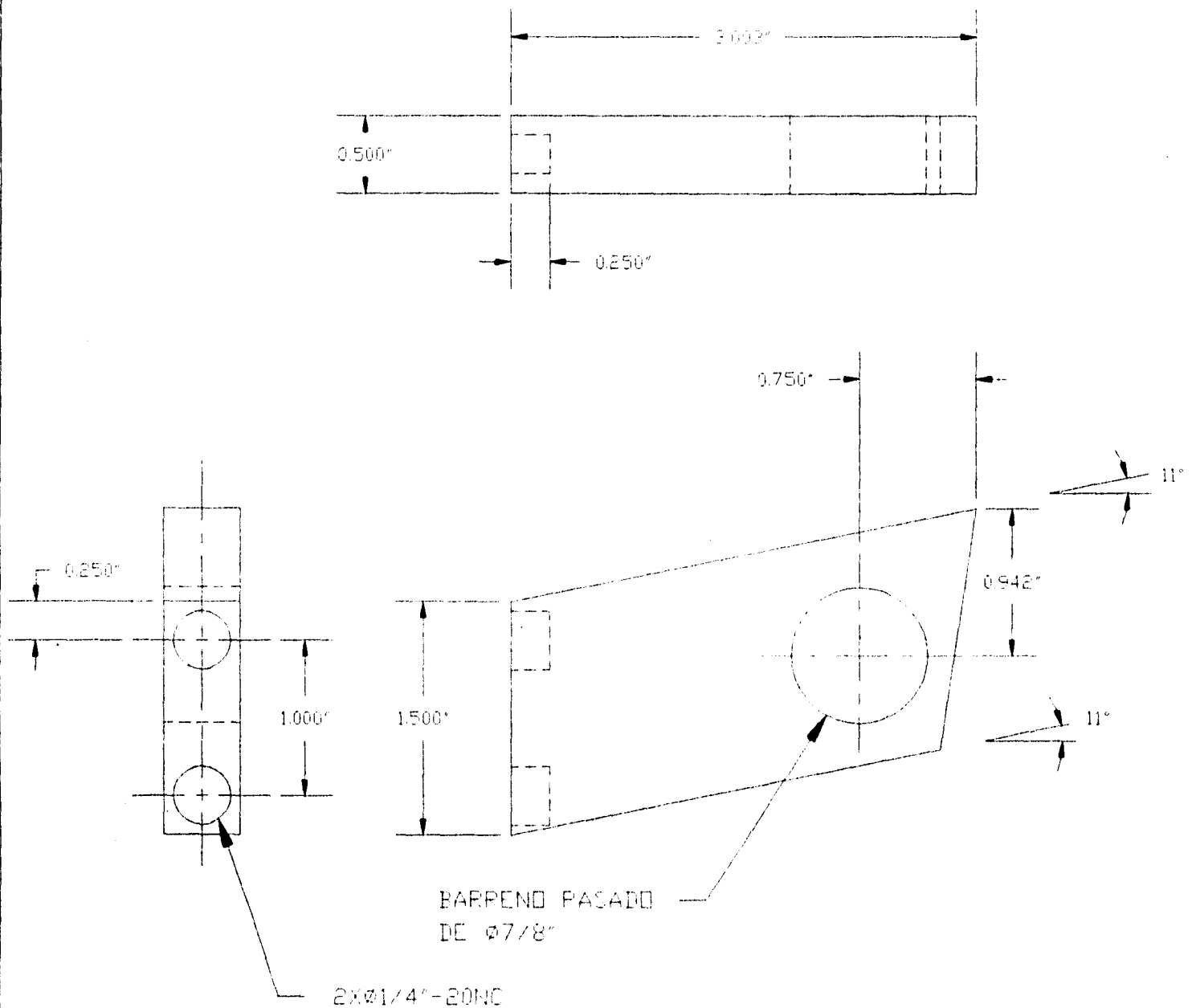
TAPA DEL BASTIDOR

Nº DE PIEZA

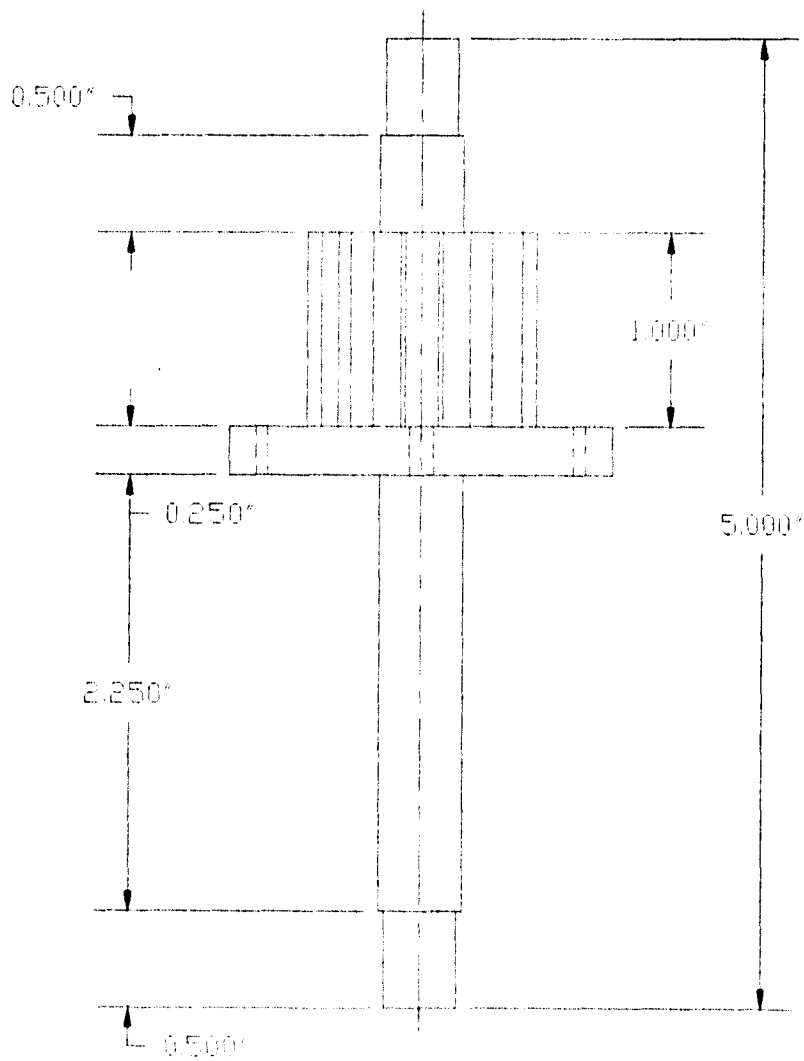
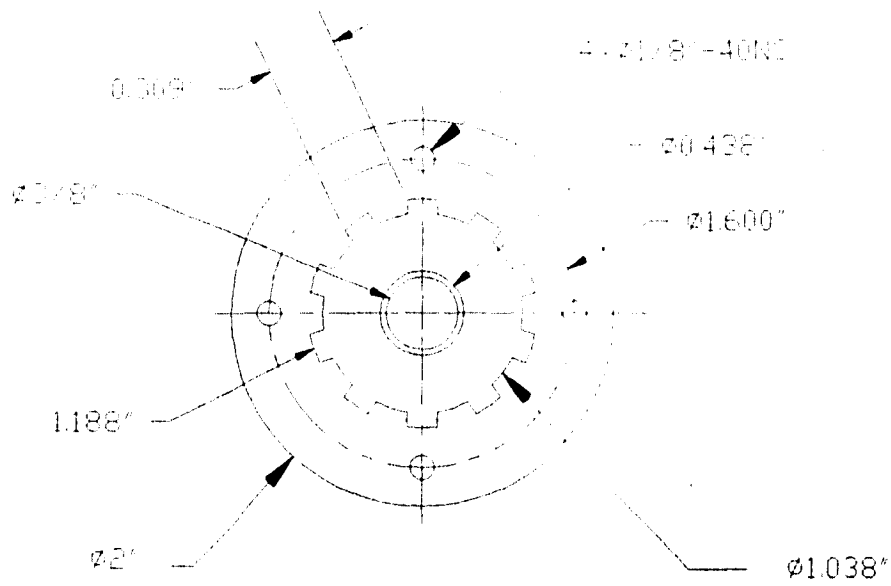
3-5

Nº DE PLANO

39

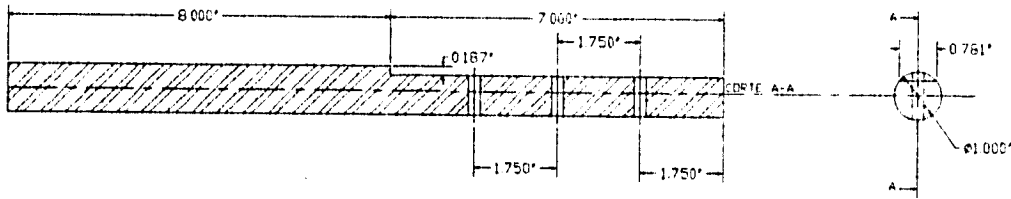


ESCALA: 1:1	ACOTACIONES: 6	MATERIAL: ASTM A06116	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLAND
	BRAZO DEL BASTIDOR		APROBADO: M. LEOPOLDO GONZALEZ G.
		Nº DE PIEZA: 3-6	Nº DE PLANO: 40

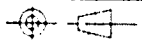


ESCALA 1:1		ACOTACIONES	MATERIAL ACTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	
	FLECHA DE TRACCION		Nº. DE PIEZA: 3-7	Nº. DE PLANO: 41

3 x 3/4" - 20NC PASADOS



ESCALA: 1-4



ACOTACIONES: in

MATERIAL: ASTM 6061T6

TESIS

FI
UNAM

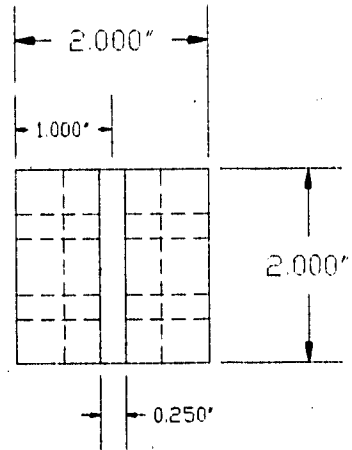
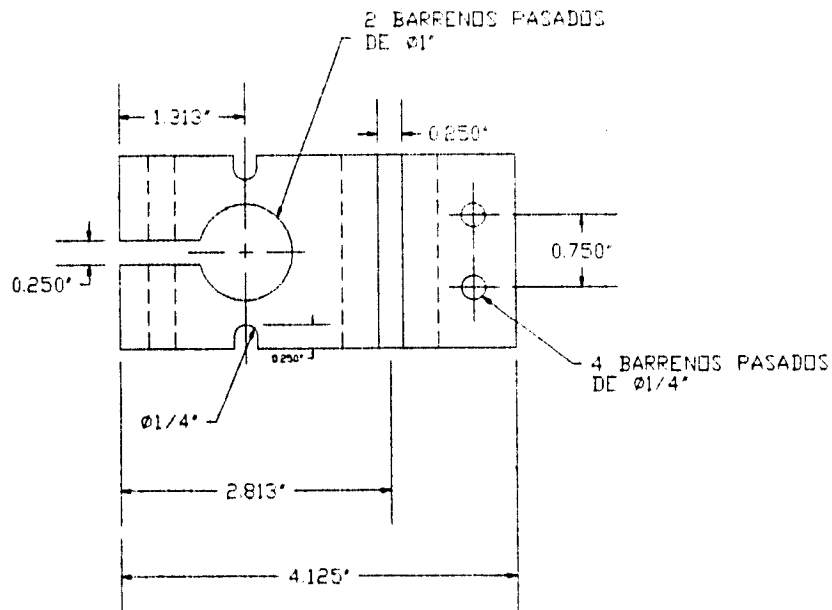
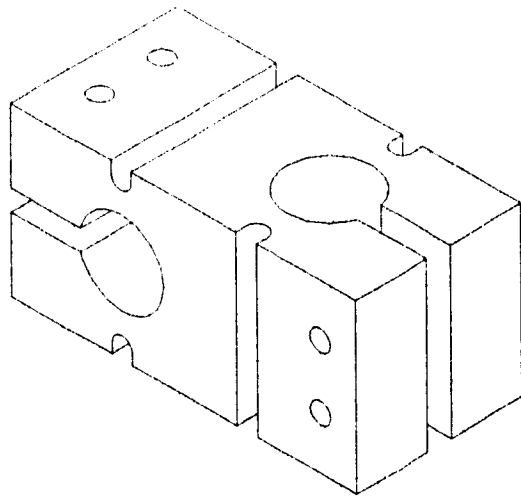
TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA

DISEÑARON: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO
APROBO: M. LEOPOLDO GONZALEZ G.

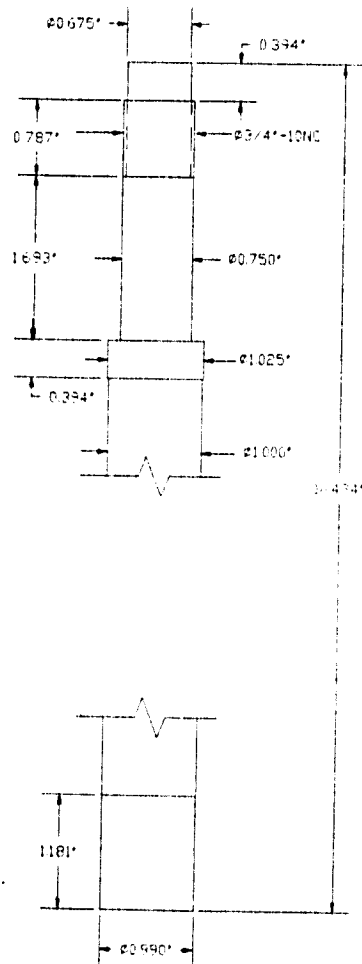
BARRA DE SOPORTE DE LA TRANSMISION

No. DE PIEZA:
3-8

No. DE PLANO:
42

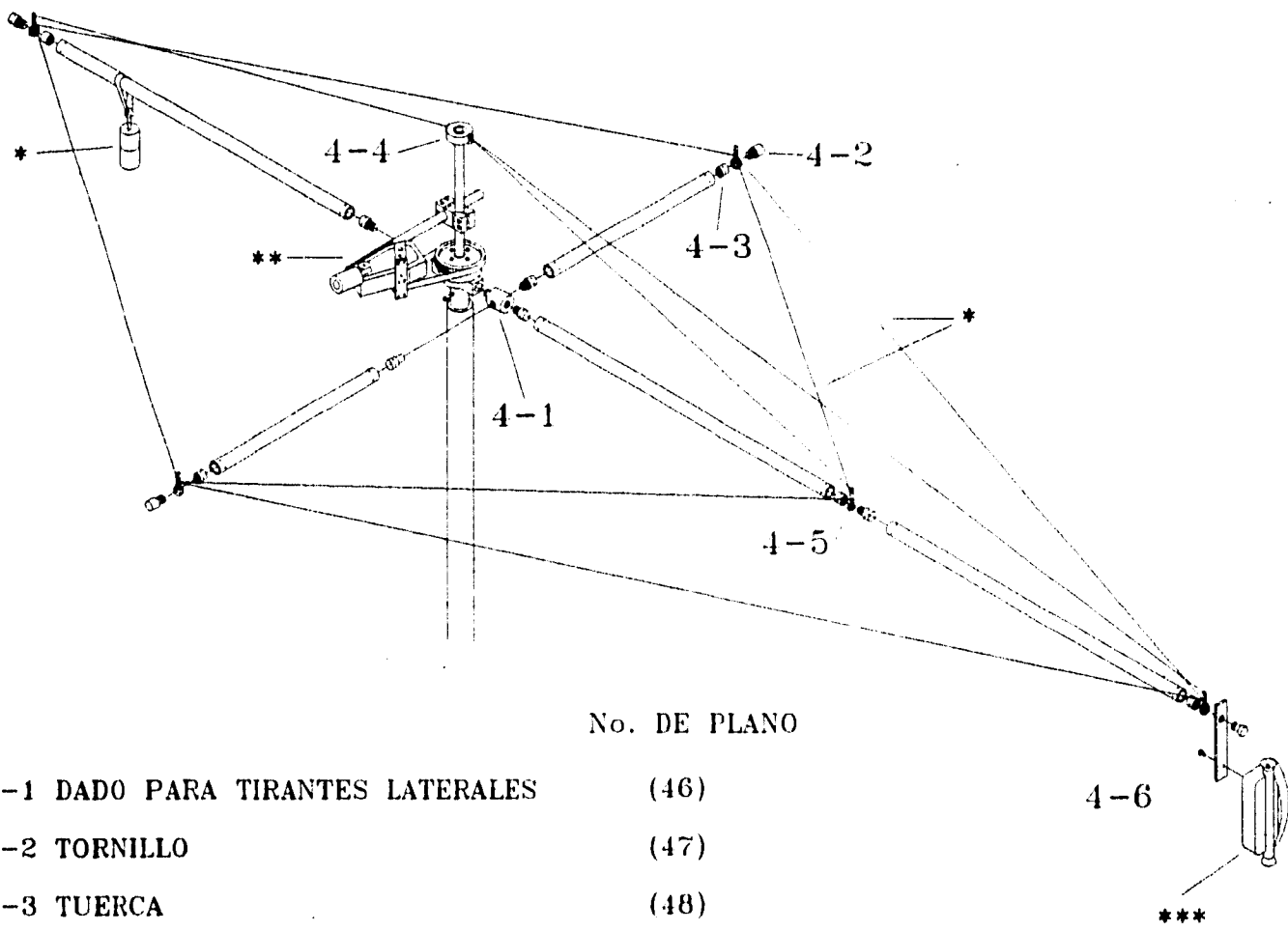


ESCALA: 1:2		ACOTACIONES: in.	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑARON: VICTOR LDERA Y ANTONIO ARELLANO	
	NODO DE SOPORTE DE LA TRANSMISION		APROBO: M.I. LEOPOLDO GONZALEZ G.	
			No. DE PIEZA: 3-9	No. DE PLANO: 43



ESCALA 1:2		ACOTACIONES IN	MATERIAL ASTM S061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑADO POR VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLAND	
	BARRA CENTRAL		NO DE PIEZA 3-10	NO DE PLANO 44

4.6 PLANOS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE SOPORTE DE LA(S) CAMARA(S)



No. DE PLANO

- 4-1 DADO PARA TIRANTES LATERALES (46)
- 4-2 TORNILLO (47)
- 4-3 TUERCA (48)
- 4-4 NODO GIRATORIO DE TIRANTES (49)
- 4-5 NODO DE TIRANTES POR TRAMO (50)
- 4-6 PLACA DE SOPORTE DE LA(S) CAMARA(S). (51)
- * CONTRAPESO (52)
- ** SISTEMA DE GIRO (33)
- *** CAMARA

4-6

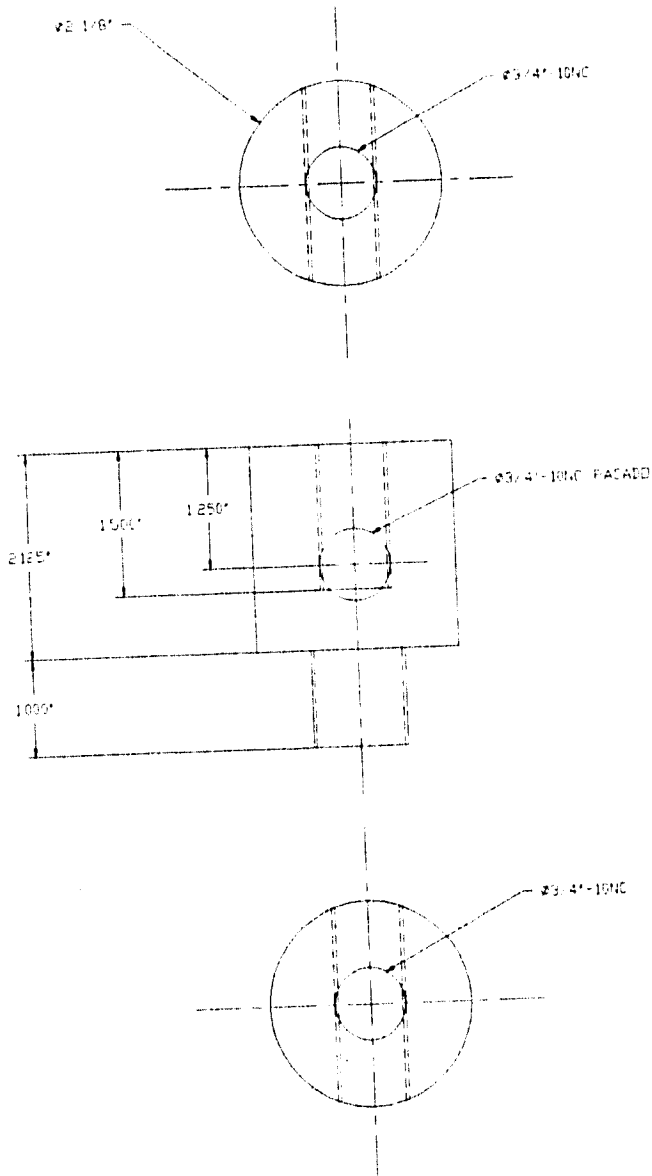
TESIS

FI
UNAM

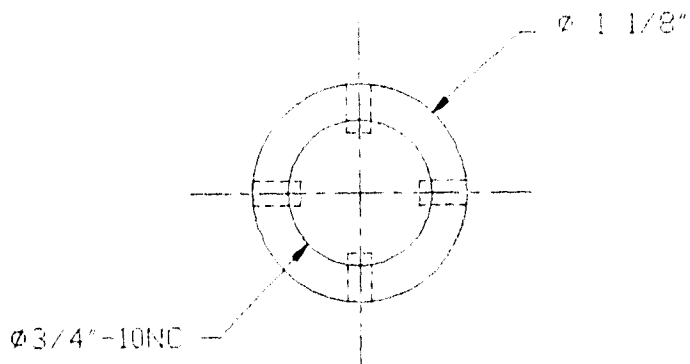
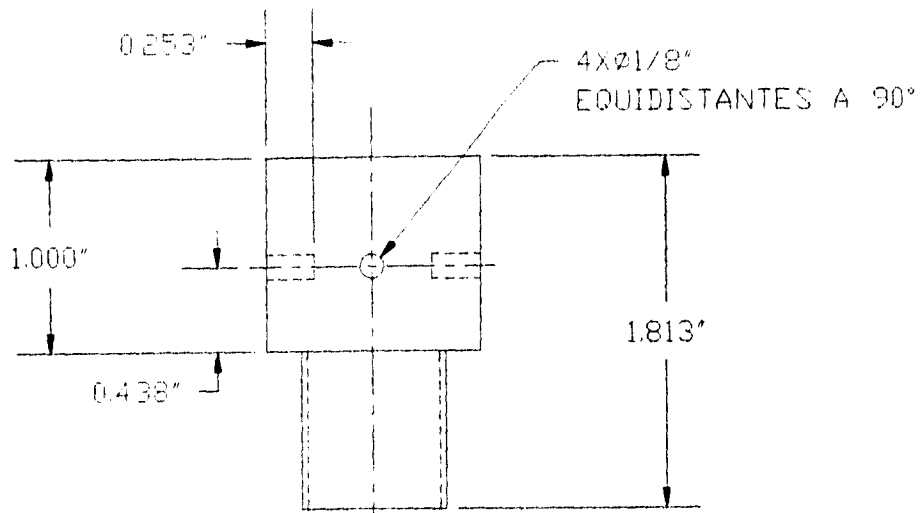
TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA | DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO
 APROBADO: M. LEOPOLDO GONZALEZ G.

EXPLOSIVO DEL SISTEMA DE SOPORTE DE LA(S) CAMARA(S)

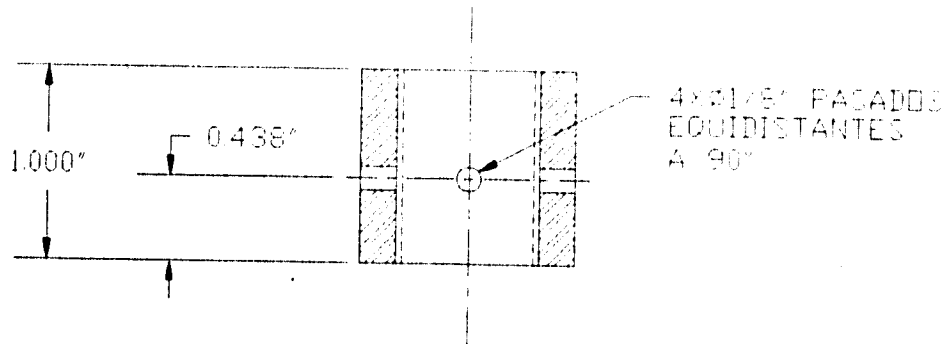
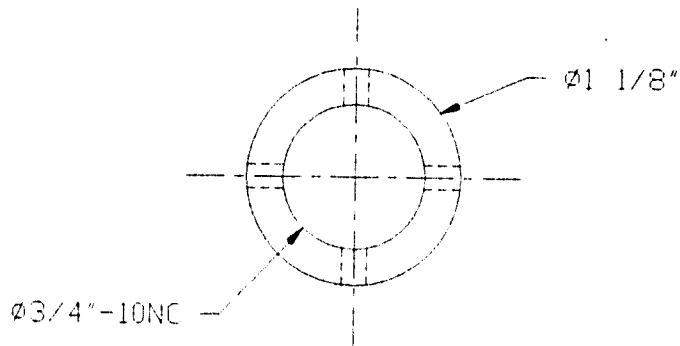
No. DE PLANO:
45



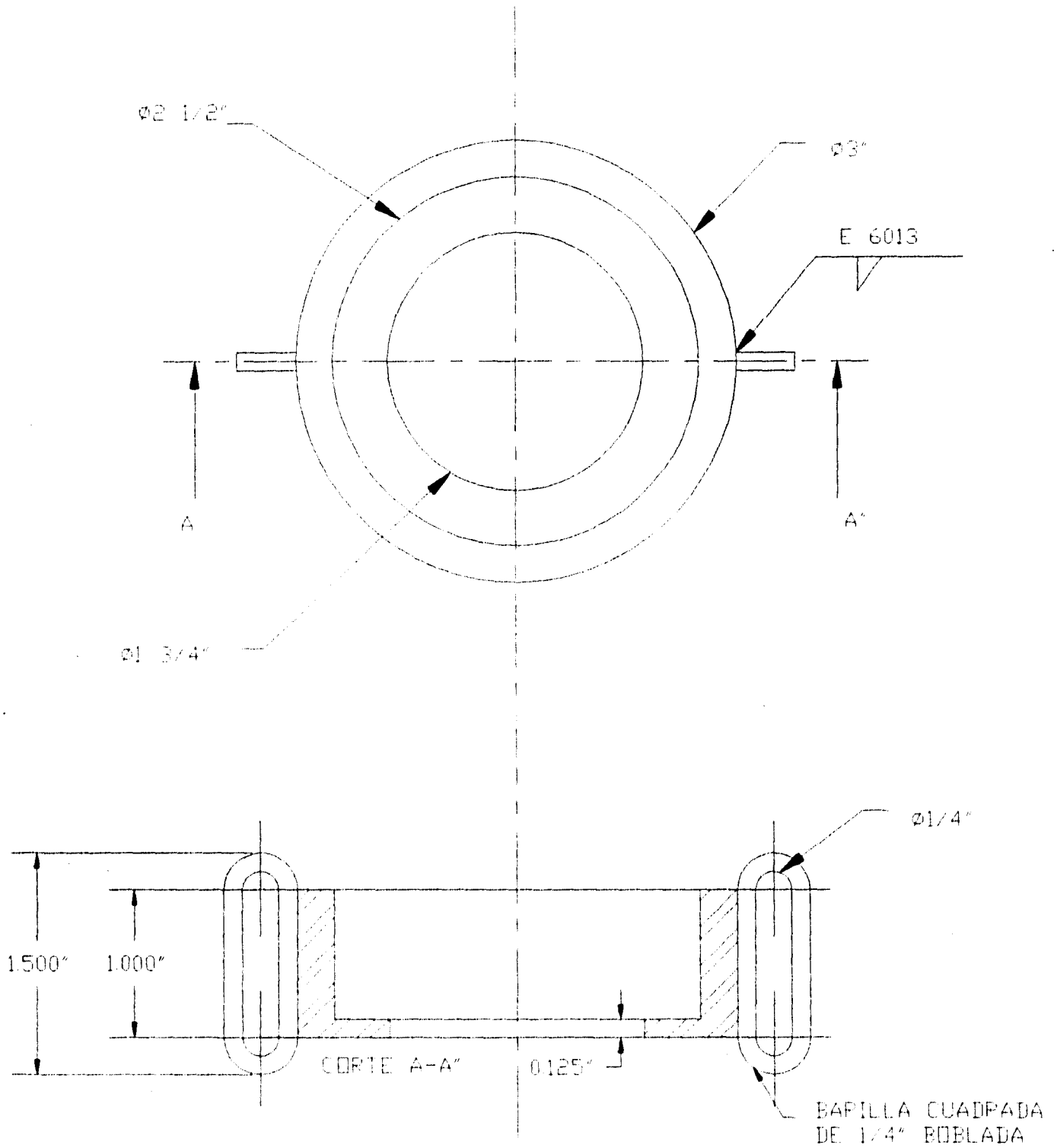
ESCALA: 1:2	ACOTACIONES: m	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLAND APROBADO POR: LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	DADO PARA TIRANTES LATERALES	No. DE PIEZA: 4-1	No. DE PLANO: 46



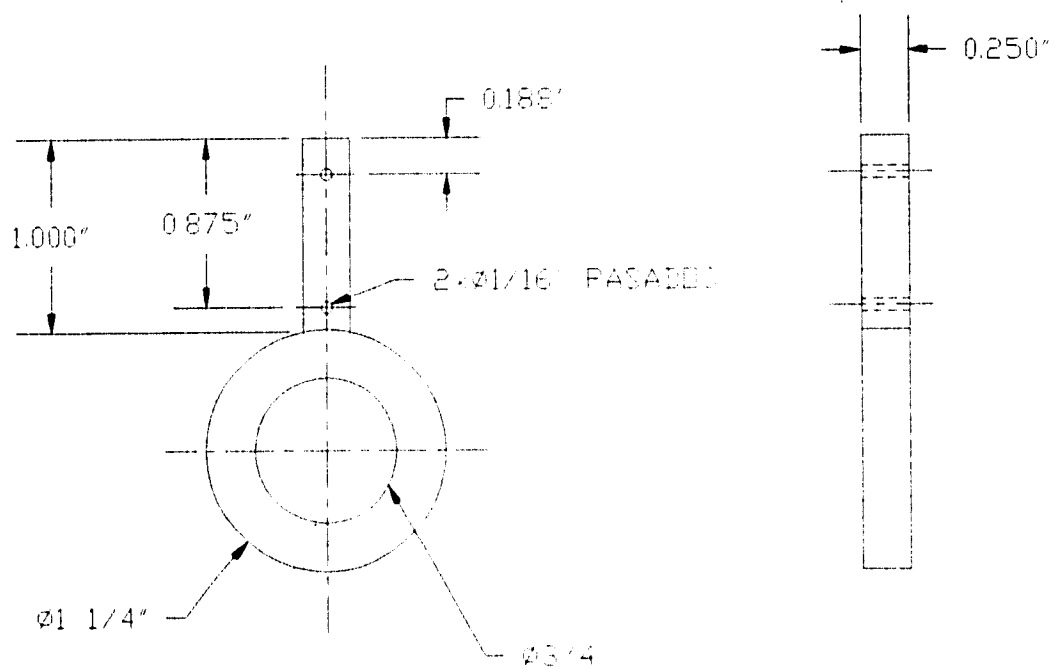
ESCALA 1:1		ACOTACIONES	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANO APROBADO: MR. LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	TORNILLO		Nº. DE PIEZA: 4-2	Nº. DE PLANO: 47



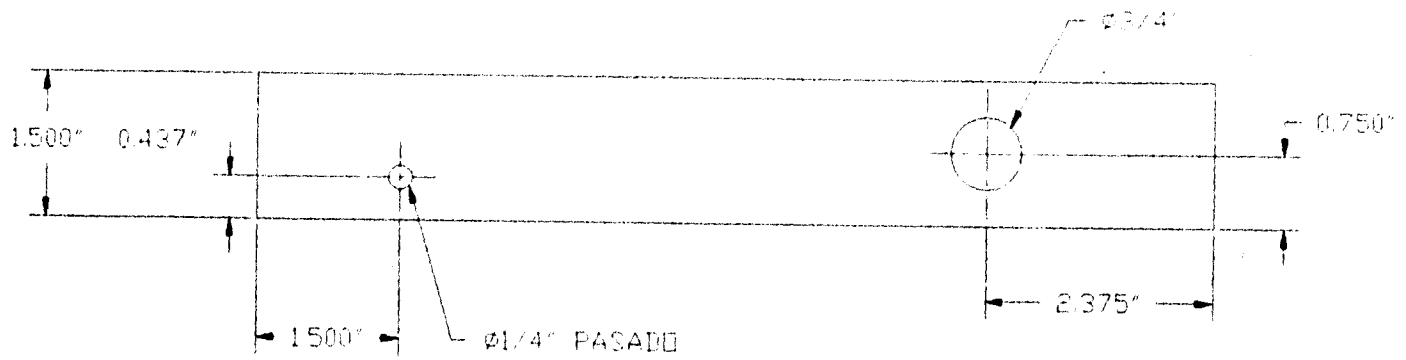
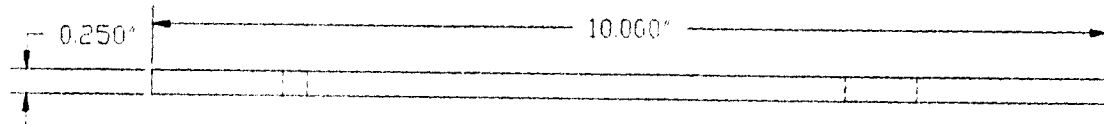
ESCALA: 1:1		ACOTACIONES	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA		DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANDO	
	TUERCA		Nº DE PIEZA: 4-3	Nº DE PLANO: 46



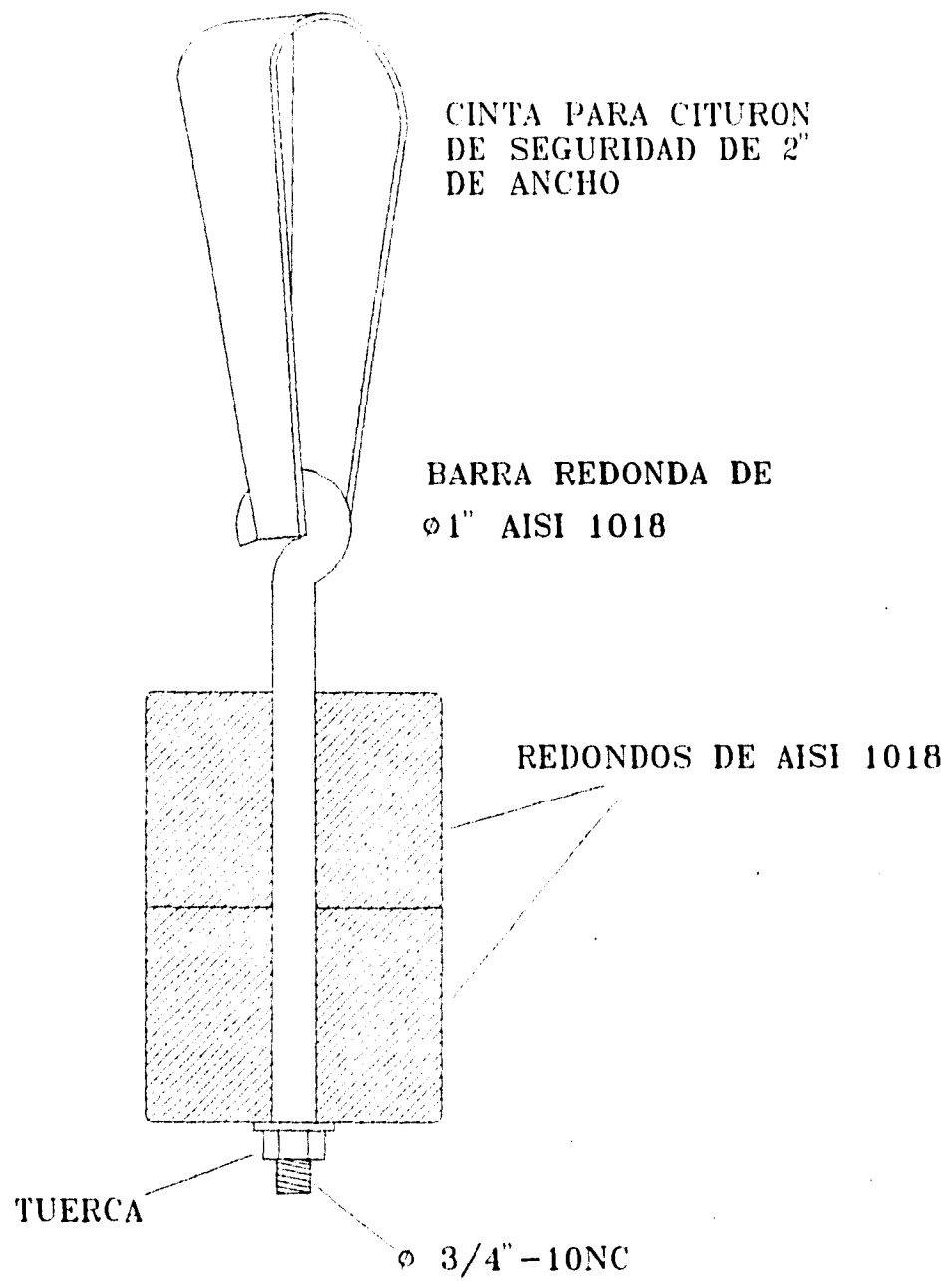
ESCALA 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL AISI 1018	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISENADOR VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANO	APROBADO M. LEOPOLDO GONZALEZ G.
	NOBO GIRATORIO DE TIFANEE	No. DE PIEZA: 4-4	No. DE PLANO: 49



ESCALA 1:1	ACOTACIONES	MATERIAL: ASTM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFÍA ARQUEOLÓGICA	DESEÑADOR: VÍCTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO	APROBADO: M. LEOPOLDO GONZÁLEZ S.
	NODO DE TIRANTES POR TRANS	No. DE PIEZAS: 4-5	No. DE PLANO: 50



ESCALA 1:2	ACOTACIONES	MATERIAL: ASIM 6061T6	TESIS
FI UNAM	TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA	DISEÑADOR: VICTOR LOERA Y ANTONIO APELLANO APROBADO: M. LEOPOLDO GONZALEZ G.	
	PLACA DE SOPORTE DE LA CAMARA	No. DE PIEZA: 4-6	No. DE PLANO: 51



CINTA PARA CITURON
DE SEGURIDAD DE 2"
DE ANCHO

BARRA REDONDA DE
Ø1" AISI 1018

REDONDOS DE AISI 1018

TUERCA

Ø 3/4" - 10NC

MATERIAL AISI 1018 TESIS

FI
UNAM

TORRE PARA FOTOGRAFIA ARQUEOLOGICA DISEÑADOR VICTOR LOERA Y ANTONIO ARELLANO
APROBADO POR LEOPOLDO GONZALEZ G.

PLANO DE FABRICACION DEL CONTRAPESO

Nº. DE PLANO:
52

CAPÍTULO 5

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COLUMNA

Se inician las pruebas de funcionamiento colocando el cuerpo de la torre sin ninguno de los otros sistemas, únicamente para probar la eficiencia de los sistemas de sellado. En las pruebas del sistema de columna se tuvieron, en un principio, muchas fugas debido a que en las bases de los sellos no se había colocado ningún tipo de sellador, además de que los empaques que se consiguieron comercialmente son muy duros ya que están diseñados para trabajar a presiones mucho más altas que las que tiene la torre, lo cual provoca que los labios de los empaques no se amolden a las imperfecciones de las tuberías.

Estos aspectos se corrigieron primero colocando en la base de los sellos silicón para evitar las fugas, por las fallas de asentamiento entre el sello y el émbolo. Y para disminuir las fugas por los labios de los sellos, se les rebajaron a estos las paredes para que pudieran amoldarse mejor a las tuberías.

Una vez hechas estas correcciones se disminuyeron las fugas hasta un nivel en el que se hace posible la operación de la torre.

De experimentaciones posteriores se comprobó que las fugas se pueden disminuir haciendo un diseño especial de sello de labio de varias etapas (es decir un sello que se compone de un cuerpo de varios labios coaxiales, con dos etapas se comprobó que el sellado se optimiza).

5.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SOPORTE

Con lo que respecta al sistema de soporte se logro que las fugas bajaran a cero, pero en lo que respecta a la presión de aire esta tuvo que hacerse independiente de la columna, debido a que en esta última, la presión de operación se elevo hasta las 60[psi], con el fin de lograr rigidizar la misma; fue así como se instalo un regulador de presión en el tripode para ajustar la presión a las condiciones de trabajo.

Se encontró también en la práctica que el sistema fallaba debido a que se pensaba que si la presión se mantenía constante en las tres patas esto mantendría la vertical de la torre, pero esto no se cumplió ya que para que esto fuera cierto, la unión de las

patas con el cuerpo de la torre debería de ser muy rígida, y no con articulaciones como en nuestro caso.

Por lo anterior el soporte que proporcionan las patas es insuficiente por lo cual se tuvieron que colocar cables de acero auxiliares, colocados de la punta de la torre a unos lastres en el piso.

5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GIRO

En lo que respecta a las pruebas de funcionamiento del sistema de giro estas resultaron satisfactorias. Se logro obtener un sistema que permite el giro sin afectar la estabilidad de la torre, que tiene buena maniobrabilidad y que es de fácil de utilizar.

La velocidad de giro del travesaño no resulto ser de exactamente 1 [rpm] si no de 0.89 [rpm] lo cual no afecta al sistema.

5.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SOPORTE DE LA(S) CÁMARA(S)

En estas pruebas de funcionamiento se presento un problema de flexión de la tubería del travesaño en el plano horizontal; esta flexión se presentaba cuando la columna se inclinaba ligeramente (poniendo en riezgo la estabilidad de la torre). Para solucionar el problema fue necesario disminuir la longitud del travesaño hasta 3[m] y se instalaron tirantes en el plano horizontal a cada una de las uniones del travesaño (vea el plano No. 45).

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados hablan por si mismos. Se logró diseñar y fabricar el dispositivo, brindando con esto, una valiosa herramienta que facilitará la adquisición de imágenes por medio de fotografía aérea de baja altitud; contribuyendo de esta manera al desarrollo de las investigaciones que en el campo de la prospección arqueológica lleva acabo el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la U.N.A.M.. El dispositivo cumple en general con los requerimientos básicos que se plantearon para su diseño. Como resultado de las pruebas de funcionamiento se hicieron necesarias algunas modificaciones al diseño original, las cuales se mencionan en el capítulo anterior.

A continuación se presenta una relación con las características principales de los equipos que componen la torre.

La columna:

Peso 24.5 [kg];
Longitud compactada 1.8[m];
Longitud desarrollada 8.5[m];
Número de tramos 6 (en diámetros de 8,6,5,4,3 y 2 [pulg]), y
Presión de operación 60 [lb/pul²].

El sistema de soporte:

Peso 2.9 [kg];
Tipo trípode de accionamiento neumático, y
Presión de operación de 12 a 18 [lb/pul²].

El sistema de giro de la(s) cámara(s):

Peso 5.9 [kg];
Accionamiento eléctrico (moto de C.D. de 6[V]);
Transmisión múltiple 1300 a 1;
Batería recargable 6[V], y
Velocidad de giro 1[rpm].

El sistema de soporte de la(s) cámara(s) (travesaño):

Peso 5.42 [kg];
Longitud armado 3 o 4.5[m] (long. útil) más 1.5[m] (extremo del contrapeso);
Número de tramos 3 o 4, y
De tipo atirantado.

El sistema de aire (compresor y aditamentos):

Peso 26.6 [kg];
Potencia 0.5[C.P.];
Accionamiento eléctrico (motor de C.A. 127[V]);
Con control automático de presión;
Sistema de regulación para columna y patas;
Sistema dosificador de aceite en el aire;
Sistema de conexión rápida para columna y patas, y
Manómetros para columna y patas.

El control remoto:

Sistema de control remoto del tipo alámbrico;
Interruptor de arranque del tipo normalmente cerrado;
Interruptor de control del sentido de giro del tipo dos polos dos
tiros;
Indicador de encendido, y
20[m] de cable bipolar.

Este prototipo sienta un buen precedente. En el futuro sin
duda se podrán desarrollar equipos con mejores características,
económicos y -que podrán incursionar en otras áreas de aplicación,
como la etnología y el periodismo.-

A nivel personal, el proyecto nos ha permitido madurar como
ingenieros, hemos desarrollado habilidades para el diseño y la
fabricación de sistemas mecánicos, nos ha permitido experimentar
con nuestra capacidad de tomar decisiones, de asumir riesgos y
responsabilidades, nos ha permitido relacionarnos y comunicarnos
con personas de otras disciplinas; pero primordialmente, ha sido
una pequeña ventana por la que nos hemos asomado a un universo
extraordinariamente amplio de posibilidades:

***"Hemos comprendido que somos poseedores de un gran
potencial de desarrollo".***

SÍMBOLOS

Ton	Toneladas
m	Metros
rpm	Revoluciones por minuto
mm	Milímetros
kg/m	Kilogramos por metro lineal
pulg	Pulgadas
GPa	Gigapascales
kg	Kilogramo
N	Newtons
kg.m	Kilogramo metro
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
lbf	Libras fuerza
cp	Caballo de potencia
cm	Centímetros
rad/seg	Radianes por segundo
N.m	Newtons metro
W	Watts
V	Volts
MPa	Mega pascales

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Linda Manzanilla/Luis Barba
La Arqueología: Una visión científica del pasado del hombre.
Editorial Fondo de Cultura Económica.
México D.F. 1994.
- 2 Ferdinand P. Beer/E. Russell Johnston, Jr.
Mecánica de materiales.
Editorial Mc Graw Hill.
Bogotá, Colombia 1982.
- 3 V.M. Faires
Diseño de elementos de máquinas.
Editorial UTEHA.
México D.F. 1990.
- 4 Joseph E. Shigley/Larry D. Mitchell.
Diseño en ingeniería mecánica.
Editorial Mc Graw Hill.
México D.F. 1989.
- 5 Fernand L. Singer.
Mecánica de materiales.
Editorial Harla.
México D.F. 1989.
- 6 R.C. Hibbeler.
Mecánica para Ingenieros *Dinámica*, 2a. Edición.
Editorial C.E.C.S.A.
México 1992.

APÉNDICE

1 SECCION				2 SECCION				3 SECCION				4 SECCION				5 SECCION				6 SECCION															
3/8" 9.52 mm				3/16" 4.76 mm				1/4" 6.35 mm				5/16" 7.93 mm				3/8" 9.52 mm				1/2" 12.7 mm															
Numero Parker	Diámetro Interior nom. pulgadas	Diámetro Interior mm	ALTURA	Numero Parker	Diámetro Interior nom. pulgadas	Diámetro Interior mm	ALTURA	Numero Parker	Diámetro Interior nom. pulgadas	Diámetro Interior mm	ALTURA	Numero Parker	Diámetro Interior nom. pulgadas	Diámetro Interior mm	ALTURA	Numero Parker	Diámetro Interior nom. pulgadas	Diámetro Interior mm	ALTURA	Numero Parker	Diámetro Interior nom. pulgadas	Diámetro Interior mm	ALTURA												
100000			360"	100000			360"	100000			420"	100000			14.22 mm	100000			700"	100000			17.78 mm	100000			710"	100000			18.03 mm	100000			21.73 mm

FALLA DE CALIDAD EN TUBOS DE

NOTA: Todos los números "Parker" marcados con una X son tamaños estándar en existencia. PARA TAMAÑOS ESPECIALES NO REGISTRADOS EN ESTE CATALOGO, FAVOR DE CONSULTAR A FABRICA.

* INTERPRETACION DEL NUMERO PARKER: LOS TRES PRIMEROS DIGITOS, INDICAN LA SECCION DEL POLYPAK EN MILESIMAS DE PULGADAS. LOS SIGUIENTES CINCO DIGITOS, EL DIAMETRO INTERIOR POR EJEMPLO.

250 02750
SECCION 1/4" 2 3/4 DIAMETRO INTERIOR

375 10 500
SECCION 3/8" 10 1/2 DIAMETRO INTERIOR

ARKEOPLAN

Conception **Katherine GRUEL & Olivier BUCHSENSCHUTZ**
(C.N.R.S. Laboratoire UMR 126.6)

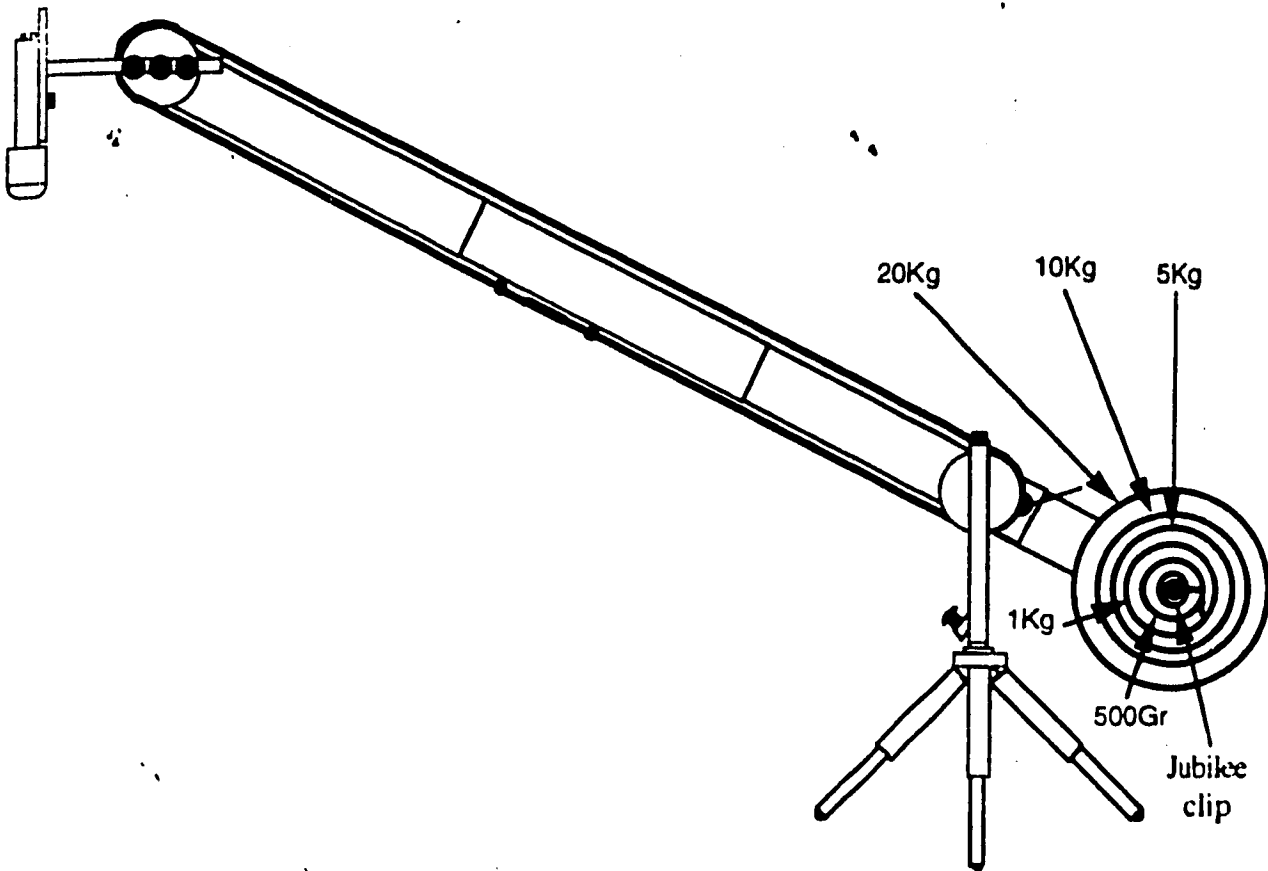
Realization **B.E.M.E. - R&D MARSEILLE** **A.M. Ingénierie**
(MARSEILLE - FRANCE) (STRASBOURG - FRANCE)

All registered and trademarked by
B.E.M.E. R&D MARSEILLE
Research and development laboratory
118-120, rue de LODI 13006 MARSEILLE - FRANCE

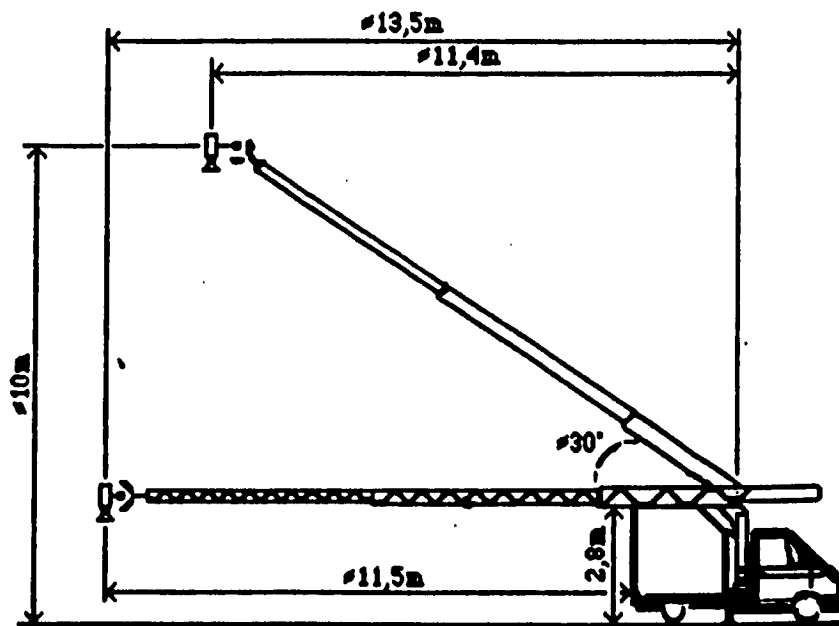
MADE UNDER LICENCE
C.N.R.S. UMR 126

The Arkéophocéa stand.

Shooting is made at a 9-meter height above the ground, thanks to a leg which is set on a tripod. A head gives the vertical axis and makes the centring ; it is directed by remote control. The whole set is put into place by two people in 15 minutes.



There is another version ; the computer equipment is put into a van and an 11-meter jib is put on top of it.



ARKEOPLAN OPTION LIST

	End user price
(1/11/91) v1.4	
Storage Unit	
• HD MicroNet - 100Mo	8.813,00 FF
• HD MicroNet - 300Mo	23.688,00 FF
• HD MicroNet - 400Mo	25.688,00 FF
• HD MicroNet - 600Mo	40.063,00 FF
• HD MicroNet - 1Go	47.063,00 FF
• HD MicroNet Amovible - 40Mo	4.800,00 FF
• HD MicroNet Amovible - 80Mo	7.800,00 FF
Printed Unit	
• Laser printer - N&B	36.900,00 FF
• Laser printer - N&B - Flight case	3.532,10 FF
• Color printer - Canon FP-510	34.500,00 FF
• Color printer - Flight case	3.161,60 FF
• Copieur Laser Color printer - Canon CLC 500	515.000,00 FF
• FP-510 Connexion - ALIX Color of BEME	8.300,00 FF
• CLC 500 Connexion - ALIX Color of BEME	40.700,00 FF
• BJ-A1 Connexion - ALIX Color of BEME	48.500,00 FF
• GPIB Cable - 4m	1.310,00 FF
Power supply independent Unit	
• Power supply generator	5.460,00 FF
• Insulat power supply generator	13.650,00 FF
• Power supply cable 20m	650,00 FF
Light Unit	
• Additive light unit - 1000W	1.950,00 FF
ARKEOPHOCEA Modul	
• Giant acquire tripod - 6m length	50.684,40 FF
• Super Giant acquire tripod - 9m length	64.677,60 FF
• Standard version tripod - Flight case	5.557,50 FF
• Giant version tripod - Flight case	9.262,50 FF
• Super Giant version tripod - Flight case	12.967,50 FF
• Giant version - Balance weight	1.040,00 FF
• SuperGiant version - Balance weight	1.300,00 FF
• Balance weight standard version - Flight case	3.828,50 FF
• Balance weight Giant version - Flight case	4.446,00 FF
• Balance weight Super Giant version - Flight case	5.063,50 FF
• Sony Monitor	7.800,00 FF
• Monitor - Flight case	3.611,14 FF
ARKEO-TETE Modul	
• 2 Dimensions orientation head	32.239,40 FF
• Head bloc - Flight case	4.075,50 FF
ARKEO-IMAGE Modul	
• Manual optical : 4,8mm / 1,8 / 85,02° x 69,02° - Automatic diaphragm	6.305,00 FF
• Manual optical : 7,5mm / 1,4 / 60,80° x 47,50° - Automatic diaphragm	6.955,00 FF
• Motorized zoom optical : 11,5-69mm / 1,4 / 41,90° x 32,00°	15.730,00 FF
• Motorized zoom optical : 10-110mm / 1,4 / 47,50° x 36,50°	20.150,00 FF
• Cable 25m - Automatic storage	6.000,00 FF
• Cable 50m - Manual storage	5.600,00 FF
• Cable 50m - Automatic storage	15.000,00 FF
• Cable 100m - Manuel storage	12.400,00 FF
• Cable 100m - Automatic storage	20.740,00 FF
• Cable 25m - Flight case + Accessory	4.594,20 FF
• Cable 50m - Flight case + Accessory	6.422,00 FF
• Cable 100m - Flight case + Accessory	8.249,80 FF
ARKEOVERLOOK Modul	146.000,00 FF
• 2 Dimensions orientation head, with automatic control - Power supply cable (50 m length)	
• OVERLOOK modul - Flight case	
• Basic cable (10x5m) - (in addition 500.00 FF the linear meter)	

(Ex. Factory price, from manufactory, exclusive of transport, packaging and all other ancillary taxes or costs.)

ARKEOPLAN UNIT STATION PRICE

ARKEOPLAN PRICE CHECKLIST

13/11/91 v1.4

End user price

Central Unit Processor

- MacII ci version - 8/80Mo - Color Screen 48.500,00 FF
- Central Unit Processor - Flight case 4.075,50 FF
- RGB Color Screen - Flight case 3.611,14 FF

Printed Unit

- Hewlett Packard DeskWriter printer 4.990,00 FF
- Printer - Flight case 2.997,00 FF

ARKEOPHOCEA Modul

- Standard acquire tripod - 3m length 36.691,20 FF
- Balance weight - Standard version 780,00 FF

ARKEO-TETE Modul

- Head standard modul 1.000,00 FF

ARKEO-IMAGE Modul

- Frame grabber board + Acquire application 17.050,00 FF
- CCD camera - N&B (N432) 14.000,00 FF
- Manual optical : 25mm / 1.8 - N2514 - Manuel diaphragm 1.505,79 FF
- Cable 25m - Manuel storage 3.400,00 FF

ARKEOPLAN Modul

- Arkeoplan software 69.800,00 FF

TOTAL

208.400,63 FF

(Ex. Factory price, from manufactory, exclusive of transport, packaging and all other ancillary taxes or costs.)

(Possible to buy only Arkeoplan software).

For all inquiries, please contact :

Sté B.E.M.E.

M. SECONDO

118 120, rue de Lodi 13006 MARSEILLE

Tél : (33) 91.92.05.99 - Fax : (33) 91.42.92.00



CASA SOMMER

TUBO REDONDO DE ALUMINIO

Extruido: (rojo)
Estirado: (verde)

Tramo de 3.66 ó 6.10 m.
Tramo de 3.66 ó 4.88 m.

DIAMETRO EXT		PARED			ACABADO	Kgs. aprox.	
mm.	Pigs.	mm.	BWG	Pigs.		por m.	x tramo
6.4	1/4	0.71	22	.028	estirado (v)	0.028	0.103
7.9	5/16	0.71	22	.028	estirado (v)	0.045	0.165
7.9	5/16	1.07	19	.042	estirado (v)	0.054	0.198
9.5	3/8	0.71	22	.028	estirado (v)	0.061	0.223
9.5	3/8	0.89	20	.035	estirado (v)	0.065	0.238
9.5	3/8	1.24	18	.049	estirado (v)	0.088	0.322
9.5	3/8	1.24	18	.049	extruido (r)	0.088	0.322
11.1	7/16	1.24	18	.049	estirado (v)	0.104	0.381
12.7	1/2	0.89	20	.035	estirado (v)	0.089	0.326
12.7	1/2	1.24	18	.049	estirado (v)	0.122	0.447
15.9	5/8	0.89	20	.035	extruido (r)	0.113	0.414
15.9	5/8	1.24	18	.049	estirado (v)	0.155	0.568
15.9	5/8	1.24	18	.049	extruido (r)	0.155	0.568
15.9	5/8	1.65	16	.065	estirado (v)	0.200	0.732
19.1	3/4	0.89	20	.035	estirado (v)	0.137	0.501
19.1	3/4	1.24	18	.049	extruido (r)	0.185	0.677
19.1	3/4	1.65	16	.065	estirado (v)	0.244	0.893
19.1	3/4	1.65	16	.065	extruido (r)	0.244	0.893
22.2	7/8	0.89	20	.035	estirado (v)	0.136	0.498
22.2	7/8	1.65	16	.065	extruido (r)	0.284	1.040
25.4	1	0.89	20	.035	estirado (v)	0.186	0.681
25.4	1	0.89	20	.035	extruido (r)	0.186	0.681
25.4	1	1.24	18	.049	extruido (r)	0.250	0.915
25.4	1	1.65	16	.065	estirado (v)	0.329	1.204
25.4	1	1.65	16	.065	extruido (r)	0.329	1.204
31.7	1 1/4	1.65	16	.065	extruido (r)	0.411	1.505
38.1	1 1/2	1.24	18	.049	estirado (v)	0.392	1.435
38.1	1 1/2	1.24	18	.049	extruido (r)	0.392	1.435
38.1	1 1/2	1.65	16	.065	estirado (v)	0.512	1.874
38.1	1 1/2	1.65	16	.065	extruido (r)	0.512	1.874
50.8	2	2.11	14	.083	extruido (r)	0.888	3.250
63.5	2 1/2	1.65	16	.065	estirado (v)	0.865	3.166
63.5	2 1/2	1.65	16	.065	extruido (r)	0.865	3.166
76.2	3	2.11	14	.083	extruido (r)	1.325	4.850
88.9	3 1/2	2.11	14	.083	extruido (r)	1.562	5.717
101.6	4	2.11	14	.083	extruido (r)	1.790	6.552

TUBO DE ALUMINIO PARA ANTENA

Tramo de 6.10 m.

DIAMETRO		PARED		Kgs. aprox.	
mm.	Pigs.	mm.	Pigs.	por m.	por tramo
9.5	3/8	0.89	.035	0.073	0.445