

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Diseño de una Plantilla para la Reconstrucción del “ Fuselaje de Nariz ” del Avión Supersónico Mirage M5P ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

RICARDO LOPEZ RETUERTO

PROMOCION: 1979 - 2

LIMA • PERU • 1989

CONTENIDO

PARTE I

	Pág
1. INTRODUCCION	1
2. GENERALIDADES	3
2.1 Los aviones supersónicos en el Perú	3
2.2 El mantenimiento nacional de los aviones de	te 3
3. EL AVION SUPERSONICO MIRAGE M5P	9
3.1 Descripción Técnica	
3.2 Consideraciones simétricas de su estructura	13
3.3 Alcances de la reparación	14

PARTE II

4. DISEÑO DE LA PLANTILLA DE RECONSTRUCCION	16
4.1 Descripción General	16
4.2 Diseño y Selección de partes.	20
5. APLICACION DE LA PLANTILLA DE RECONSTRUCCION	38
5.1 Equipos y accesorios complementarios	38
5.2 Procedimientos de montaje	39
6. EVALUACION ECONOMICA	49
7. CONCLUSIONES	52
8. BIBLIOGRAFIA	54
9. PLANOS	

PROLOGO

El presente trabajo que comprende el diseño de una "Plantilla" para la reconstrucción del "fuselaje de nariz" de un avión supersónico, se inicia con una corta explicación de los efectos físicos que se producen en este tipo de aeronaves, en vuelos de alta velocidad o de ejercicios de combate; asimismo, de las exigencias de rigidez o indefor-malidad de su estructura.

Posteriormente se indican las aeronaves que han sido adquiridas por el Perú, su mantenimiento y reparación; asimismo se presenta una descripción técnica del avión Mirage M5P, insistiendo en el área de reparación que da motivo a la tesis. Se indica también las consideraciones simétricas que debe conservar su estructura en todo tiempo, en las mínimas tolerancias y los procesos de reparación que conjuntamente se efectuarán.

En el diseño de la "plantilla" se indica las cualidades que debe reunir ésta, así como se hace una descripción de las partes y componen-tes que llevará la "plantilla" en su funcionamiento. Se apuntan los

cálculos numéricos de algunas partes importantes y en otros casos los motivos de su selección para el montaje. Otras partes quedarán explicadas en los planos de diseño.

Para los detalles de aplicación se enumera una lista de equipos y herramientas junto con los procedimientos para la utilización de la "plantilla".

En el análisis económico se ha hecho una comparación de los gastos de reparación, tanto si fueron efectuados en el Perú con auxilio de la "plantilla", con los gastos probables de una reparación en el extranjero. Se ha tomado datos de costos actualizados y de uso común para el tratamiento de material aeronáutico.

Quiero manifestar mi agradecimiento a la FUERZA AEREA PERUANA, que me ha brindado toda clase de facilidades e información necesaria para la concepción de esta tesis y un agradecimiento especial al C^ode. FAP Ing. Mecánico Aeronáutico Arnaldo Cuba y Escobedo por la confianza y apoyo que me ha brindado en todo momento.

PARTE I

CAPITULO No.1

1. INTRODUCCION

El advenimiento de los vuelos supersónicos en los últimos tiempos, ha generado la creación de aeronaves capaces de superar los efectos físicos que se producen en su navegación, esto sin dejar de utilizar material ligero en su construcción como son las aleaciones de aluminio, magnesio, titanio y otros.

Un vuelo supersónico trae consigo una serie de fenómenos físicos tendientes a deformar su estructura; así tenemos: los grandes esfuerzos por tracción y flexión en las alas debido a las diferencias de presión en su superficie y a los vencimientos inminentes de la inercia del avión cuando se efectúan maniobras en el vuelo y los esfuerzos térmicos por calentamiento cinético con variaciones bruscas de temperatura tendientes a deformar su configuración, principalmente en la zona del cono de nariz, fuselaje frontal y borde de ataque de alas.

El calentamiento cinético generado en misiones a gran distancia,

a velocidades superiores a la del sonido (misiones de combate), causan tensiones inducidas por calentamiento irregular y estos a su vez pueden generar rajaduras y deformaciones en los soportes estructurales y recubrimientos externos; agregándose a esto los ascensos inminentes o los descensos en vuelo de ataque en picada. De allí que sus diseños cumplen y exigen en su mantenimiento: alas fuertes, rígidas y fuselajes indeformables.

Ocasionalmente y por "accidente mayor" la estructura de los aviones sufren daños y roturas de gran magnitud; por ejemplo: rotura de alas, rajadura en los soportes de los trenes de deslizamiento, rotura del "fuselage de nariz", etc. Con el fin de recuperarlos se determina la magnitud del daño por evaluación de discrepancias, el desgaste económico de la reparación y las posibilidades técnicas de su reparación.

El límite de los niveles de mantenimiento, es decir las limitaciones de sus alcances, es establecido por el Comandante General de la FAP de acuerdo a la disponibilidad de personal especializado, equipos, herramientas y repuestos existentes. Hay reparaciones que escapan al alcance normal del mantenimiento a nivel Arsenal, por falta de infraestructura, equipos o información técnica; entre estas tenemos:

- Reparaciones o modificaciones de sistemas automatizados.
- Fabricación de sub-partes de aleaciones muy específicas, cuya consecución implica la utilización de equipos especiales como hornos, matrices, herramientas, etc.

- Reparación de partes y perfiles de fuselajes cuyas dimensiones y formas simétricas se encuadran dentro de mínimas tolerancias.

En estos casos la reparación la efectúa el fabricante.

La RECONSTRUCCION DEL FUSELAJE DE NARIZ del avión MIRAGE M5P, es el motivo de esta tesis, entiéndase por "fuselaje de nariz" a la parte del fuselaje del avión en su zona delantera. Esta reconstrucción escapa al alcance normal del mantenimiento, considerándose hasta el momento una reparación a nivel fabricante (Aeronautique Marcel Dassault, Francia), sin embargo es posible efectuarlo en el Perú ya que el SEMAN cuenta con personal técnico calificado, con material de reconstrucción e infraestructura necesaria, quedando abierta la posibilidad de crear una "herramienta" o "plantilla" que indique el exacto perfil de fuselaje venido de fábrica.

Este es el objeto de la Tesis.

CAPITULO No.2

2. GENERALIDADES

2.1 Los Aviones Supersónicos en el Perú

La FUERZA AEREA PERUANA, para la defensa nacional y en relación a su ubicación política y geográfica, en concordancia con la tecnificación bélica que nos rodea, ha adquirido en la última década aeronaves supersónicas de alta performance, cuyas características de maniobrabilidad, radio de acción, alcance bélico y automatización satisfacen la estrategia militar de ataque y defensa. Dos de estos tipos de aeronaves son: los aviones SUKOY de fabricación soviética y los aviones MIRAGE de fabricación francesa.

2.2 El Mantenimiento Nacional de los Aviones de Combate

Con el objeto de garantizar la Defensa Nacional en todo tiempo, la Fuerza Aérea Peruana determina en su ordenanza FAP y para todas las Unidades de Combate; que se cumpla el Mantenimiento con el objeto de conseguir una operatividad y disponibilidad de por lo

menos el 80% de sus aviones en todo tiempo. Con este espíritu se da cumplimiento al Mantenimiento en general en todas las Unidades y Dependencias FAP.

Los fabricantes de aviones proponen mantenimientos preventivos y correctivos en los denominados "Manuales de Mantenimiento", clasificando estos según se cumplan los vencimientos de horas de vuelo o tiempo calendario. La tecnología francesa divide el Mantenimiento en cuatro ESCALONES, determinando para el último Escalón, osea el 5to., las reparaciones y modificaciones a nivel Fabricante. Para el Perú la Ordenanza FAP 66-1, vigente hasta el presente, reemplazó la denominación del Mantenimiento por Escalones por la del Mantenimiento en tres niveles para todas las Unidades Aéreas; así tenemos:

2.2.1 Mantenimiento Orgánico

Que comprende todo el Mantenimiento Preventivo, desempeñado en los Escuadrones de Combate y son: Limpieza, recarga de combustible, cuidados apropiados para preservación de daños, servicios periódicos de cambios de llantas, inspecciones por horas de servicios que se indican en los manuales (Inspecc.cada 50 hs., 100, 200, 400 hs), reparaciones menores que no requieren el desmontaje de conjuntos, etc.

2.2.2 Mantenimiento de Base

Efectúa trabajos de Mantenimiento Correctivo que sobrepasan el alcance del Mantenimiento Orgánico, requiere talleres

fijos de reparación, Unidades Móviles con equipos necesarios de trabajo. Comprende los trabajos de desmontaje, remplazo de conjuntos y subconjuntos, fabricación de piezas menores, etc.

2.2.3 Mantenimiento Arsenal

Comprende todas aquellas operaciones para la Reparación General de materiales y equipo FAP., aquellas que hayan alcanzado el límite máximo de trabajo o que sea necesario su revisión total o Reparación general por accidente o desgaste natural. En síntesis es una Reparación por reconstrucción completa del avión incluyendo fabricación de muchas de sus partes.

Para cumplir con este nivel se requiere un alto stock de partes, grandes instalaciones (Hangares, maestranzas, laboratorios), maquinaria de gran capacidad y precisión entre otras cosas. El Servicio de Mantenimiento (SEMAN), es la Unidad que cumple este nivel de Mantenimiento.

CAPITULO No.3

3. EL AVION SUPERSONICO MIRAGE M5P

3.1 Descripción Técnica

Este avión construido por la Marcel Dassault, adquirido por el Perú (ver Figs.Nos. 1 y 2), es una nave que alcanza velocidades hasta de 2.2 MACH (dos veces la velocidad del sonido), tiene un peso básico y sin carga de combate de 9000 g. en promedio. Está diseñado en un perfil aerodinámico que le da gran estabilidad en las maniobras a baja altura. una característica particular de este avión es la inclinación de su nariz en 3º 28' con respecto a su plano horizontal de vuelo, la nariz es una parte montada al fuselaje y termina en una sonda o tubo "Pitot" de 90 cm.de longitud; es empleado como receptor de las condiciones de navegación (Condiciones anemométricas por ejemplo). Esta particularidad exige practicamente una absoluta rigidez así como de su indeformabilidad, ya que los parámetros obtenidos del tubo "Pitot" son datos computados por el sistema automatizado de control de vuelo. En resumen la nariz debe mantenerse en el ángulo indicado con una tolerancia

cia de $\pm 2'$ como lo indica el Manual de Mantenimiento emitido por el fabricante.

El avión comprende cuatro partes: El fuselaje o cuerpo principal, dos alas en forma de delta y el cono de nariz.

Otros datos particulares son:

Longitud.....15.55m. (incluido el tubo Pitot)
Envergadura..... 8.22m. (Entre alas)
Altura sobre el piso..... 4.50m. (sobre ruedas)
Superficie total.....34.8 m²
Diedro de alas.....-1°
Motor impulsor (uno)..... Turbo reactor ATAR 9C (Sneema)
Empuje : normal 9400 Lb.(4273Kg.)
Pos-combustión.13230Lb.(6013 Kg)

Rendimiento:

Velocidad máxima bajo 33,000 pies..... 750 nudos (1390Km/h.)
Velocidad máxima sobre 33,000 pies..... 2.2 Mach (2772Km/h.)
Plataforma de operación..... 16,154 pies (4,911 m.)

Su perfil se distribuye simetricamente respecto a un plano vertical que lo divide en dos partes iguales. El control de su configuración total se efectúa a través de puntos repartidos en toda su superficie (ver fig.3) así tenemos: 36 puntos en las alas, 14 puntos en el fuselaje y 12 puntos en la cola. Estos punto se agrupan según la función que

desempeñan; por ejemplo: Para la nivelación del avión, es decir colocarlo en un plano horizontal de vuelo, se usan los "puntos básicos" A1, A2, B1, B2, E1, E2, marcados con un círculo y señalados centralmente con un agujero. Cabe señalar que esta nivelación se efectúa hasta utilizar una luneta ("nivel") de cotas que permite colocar los puntos en una misma altura de tal manera que el error de aproximación sean apenas unos décimos de milímetros. Una carta de desarrollo de todos los puntos con sus tolerancias son explicados en el Manual de Reparación del avión Libro No.7.

Las alas:

Son superficies rígidas empotradas al fuselaje, constituyen la base de la sustentación (verfig.1), tres vigas estructurales de aleación en acero con un perfil particular, recorren el ala en toda su longitud (largueros). Uniendo los largueros y transversalmente se encuentran las costillas o placas transversales haciendo de las alas una unidad rígida. El recubrimiento exterior se efectúa mediante planchas laminares, tomando toda el ala una forma en Delta de espesor delgado, cóncavo hacia arriba, con mayor pronunciamiento en los bordes de salida; esta característica permite mayor estabilidad en vuelos a baja altura, es decir en los decolajes, aterrizajes y ataques sopsresivos a baja altura.

El Fuselaje:

Constituidos por planchas envolventes de aluminio de formas cilindroides (frames) unidas a tope y por costuras de remaches con anillos estructurales internos (cuadernas) que se distribuye a lo largo del avión en todo el fuselaje. El número de cuadernas es de 38 iniciándose

con la CUADERNA No.1 en su parte delantera, donde se ensambla el cono de nariz, esta cuaderna es parte de la reparación como integrante del fuselaje de nariz. Detalles del fuselaje se indica en el plano No.8.

Uniéndose las cuadernas e internamente se encuentran perfiles longitudinales, de variadas dimensiones (largueros y larguerillos), su número es de 21 distribuidos en todo el perímetro de la sección transversal del fuselaje y toma de aire. Una particularidad del fuselaje es su estrechamiento en la parte central y superior a manera de una cintura, esto permite incrementar la velocidad del flujo de aire en la parte superior del ala cuando el avión está en vuelo, como consecuencia se consigue una menor presión en esta zona que deriva en un aumento de la fuerza de sustentación. Por su parte delantera se abren dos salientes semicilíndricos en ambos lados del avión (ver plano No.8), por ellas ingresa el aire de alimentación al motor.

La cuaderna No.1.

Es un perfil anular elipsoide de sección a manera de una "U" que da inicio a la estructura del fuselaje, se ubica inclinado $3^{\circ}28' \pm 2'$ respecto a una sección transversal y normal al plano horizontal del avión, (ver plano 7), sirve de asiento y fijación de la caja de alojamiento de los pernos de anclaje (caja interior) del cono de nariz al fuselaje.

Nota

Existe una caja exterior (casoleta) que contiene a la caja interior unidas por remachado, además de esto se fija al fuselaje en la frame correspondiente. En resumen son cuatro conjuntos de cajas unidas a la

cuaderna el fuselaje.

La cuaderna No.2

Es una placa anular que presenta un ángulo en todo su perímetro, con una abertura circular al centro que permite el acceso visual y manual a las zonas del asiento del cono, donde además se encuentran diversos equipos y conexiones. Una tapa especial cóncava cubre esta abertura mediante empernamiento. Esta cuaderna se encuentra en un plano vertical al plano horizontal del avión y junto con la cuaderna No.1, conforman el perfil del "fuselaje de nariz".

El cono de nariz

Como su nombre lo indica, es una estructura cónica terminada por su vértice en una sonda tubular (Tubo Pitot) de 90 cm. de longitud, está constituida por nueve cuadernas unidas por ocho larguerillos distribuidos anularmente. El vértice del cono se encuentra reforzado y concede un asiento para el empotramiento del tubo Pitot. Lleva en su interior todos los equipos sensores de navegación y control de mando automatizado, (ver fig.No.2). En la base del cono se ubica la cuaderna No.9 que es perpendicular a la línea de simetría del cono. Esta cuaderna contiene los soportes de alojamiento de los pernos de anclaje al fuselaje, la ubicación del cono respecto al plano horizontal del avión es de $3^{\circ} 28' \pm 2$, y posee una longitud total de 350 m., incluido el tubo Pitot y un peso de 90 Kg., con los equipos instalados.

3.2 Consideraciones Simétricas de su Estructura

Los aviones cuya performance se encuadra dentro de las velocidades

des subsónicas, han superado sus problemas estructurales con construcciones que permiten un grado de "deformación aeroelásticas" cuando son sometido a la acción de las cargas. Esta es una condición suficiente; por ejemplo: el ala que "cede" ligeramente en condiciones turbulentas; sin embargo con el advenimiento de los vuelos supersónicos se ha llevado a los aviones ha someterlo a esfuerzos muy superiores y ha calentamientos cinéticos elevados por la acción del rozamiento del aire. Por esta y otras razones las necesidades de construcción actuales exigen una precisión aerodinámica de excepción en sus formas, con un mínimo de tolerancia en sus deformaciones.

Para el caso del avión Mirage M5P supersónico, proyectado entre otras cosas para descender rápidamente en misiones de ataque en picada y salidas inminentes llevando consigo cargas bélicas, se hace necesario mantener su estructura dentro de las tolerancias que exige el fabricante a fin de garantizar la seguridad de vuelo y las performances que se espera. Por esta razón se hace condición indispensable el que se efectúe el chequeo por SIMETRÍA siempre que el avión haya sufrido reparación estructural, cambio de ala o éste haya cumplido 48 meses calendario.

3.3 Alcances de la Reparación

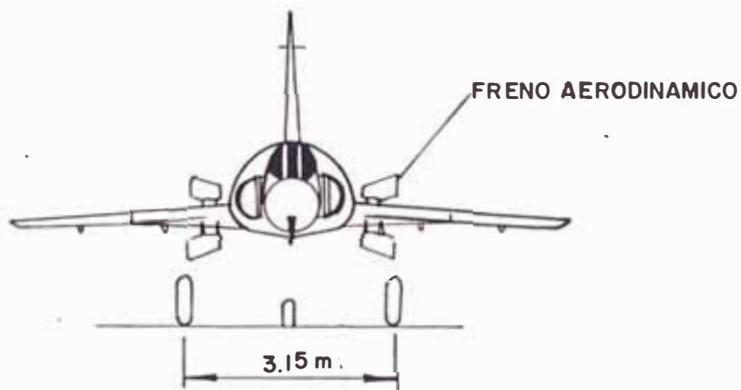
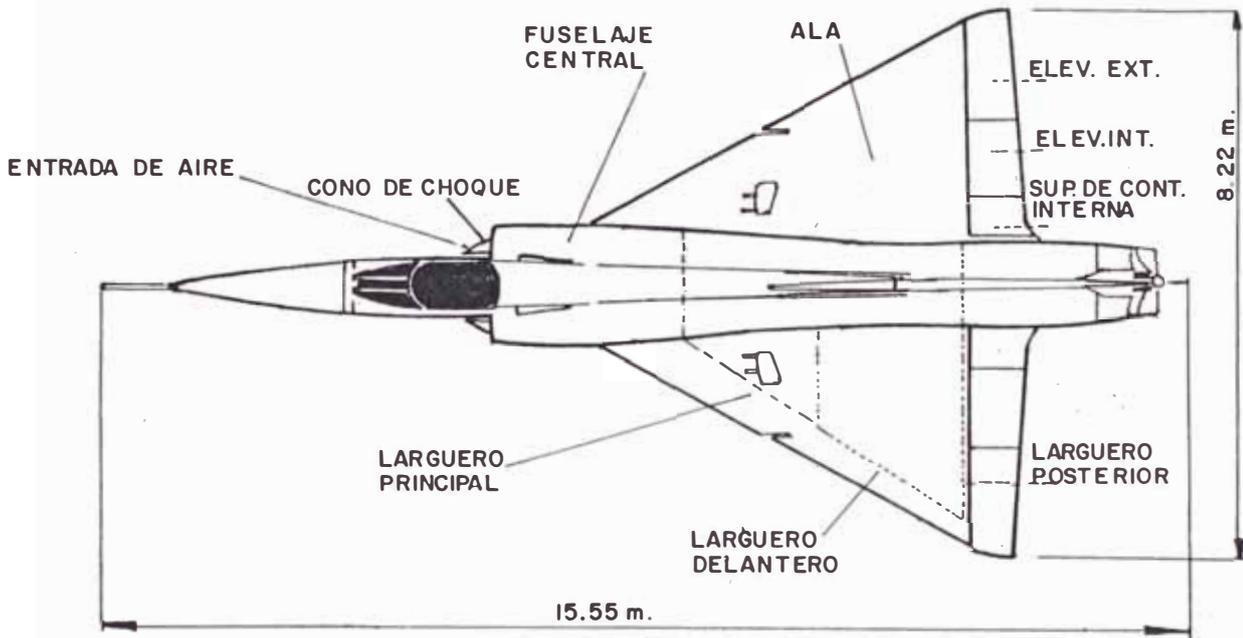
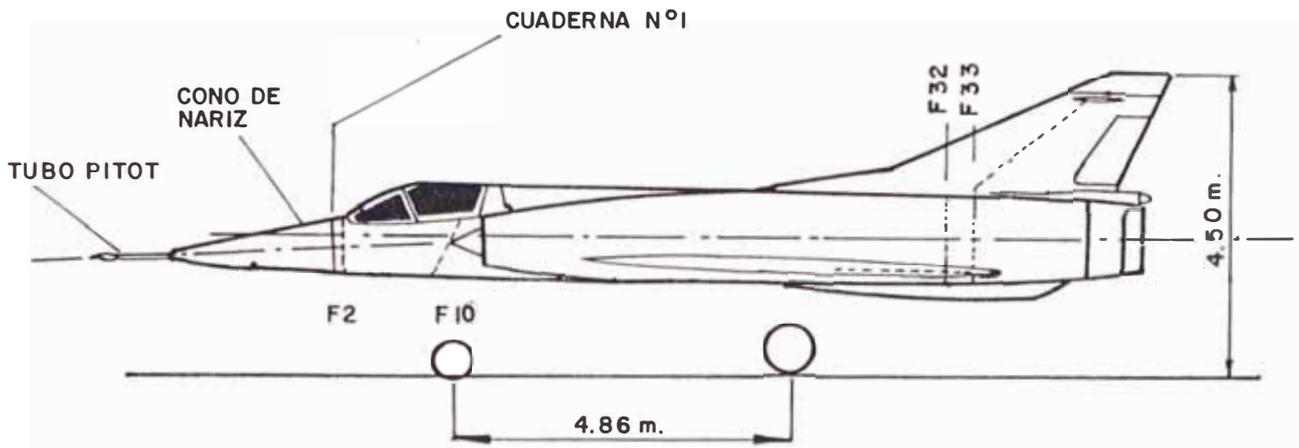
Se pretende recuperar el fuselaje de nariz entre las cuadernas Nos. 1 y 2, con las exigencias en el perfil, dimensiones e inclinación determinados por fábrica. Para cumplir con este propósito se tomarán las siguientes acciones :

- a) Reparación del cono de nariz por parte de la casa matriz, con

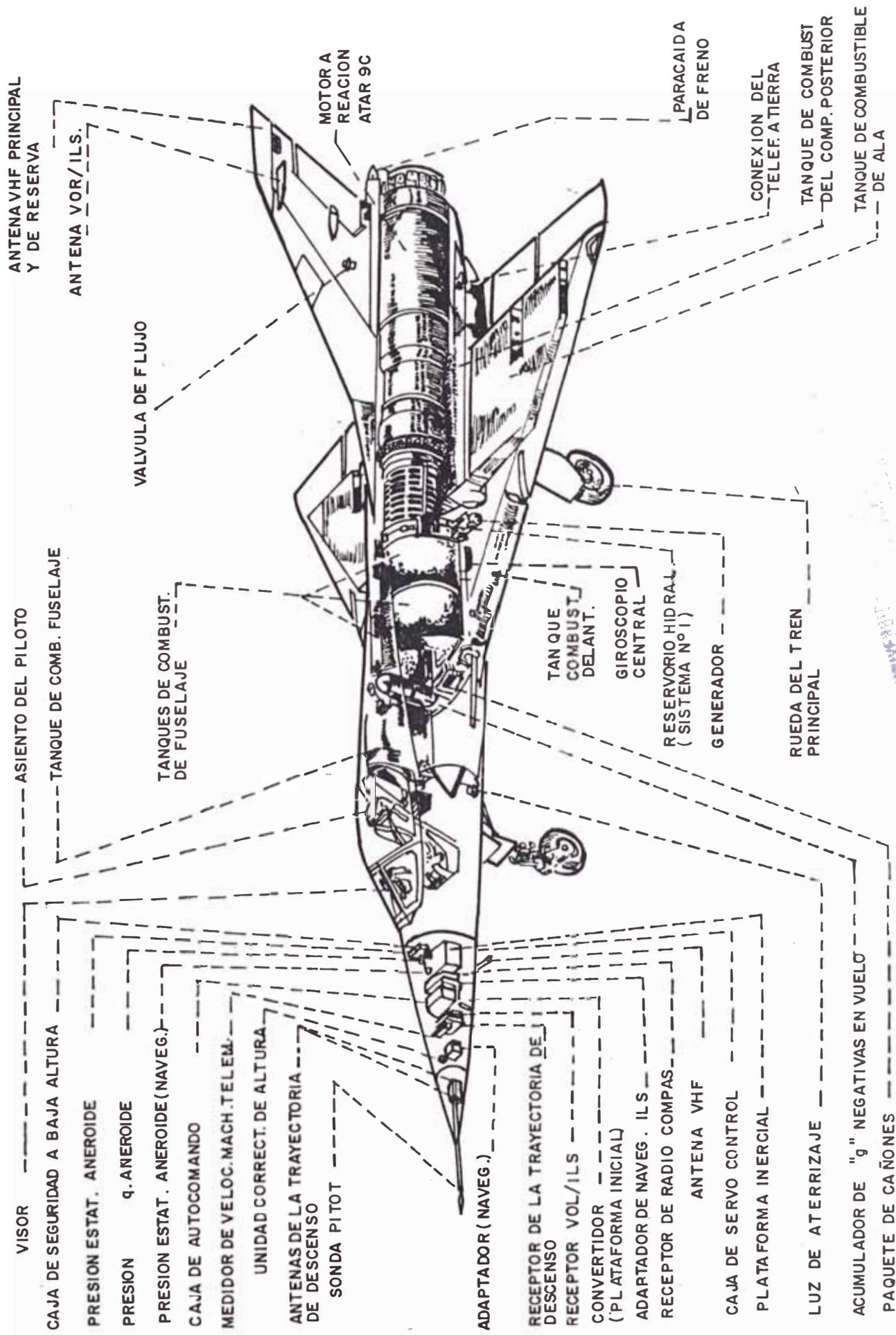
las garantías dimensionales del caso.

- b) Fabricación por SEMAN de la cuaderna No.1 (ver plano No.7), para esto se preparará una matriz en madera con las medidas y perfil indicados en el Manual de Reparación y plano de fabricación.
- c) Reacondicionamiento de la cuaderna No.2 por el SEMAN.
- d) Fabricación de cuatro "casoletas" o cajas de alojamiento de los pernos de anclaje, en aluminio al zinc. Para esto se preparará una matriz en fierro que permita reproducir sus formas y tamaño original, como se indica en la fig.No.5, obtenido del fabricante.
- e) Recuperación del fuselaje de nariz haciendo uso del stock y ferreteria del SEMAN; para este fin se construirá una "herramienta" (JIG), que es el motivo de esta tesis y servirá como elemento moldeador y fijador de las formas y ángulo del fuselaje.

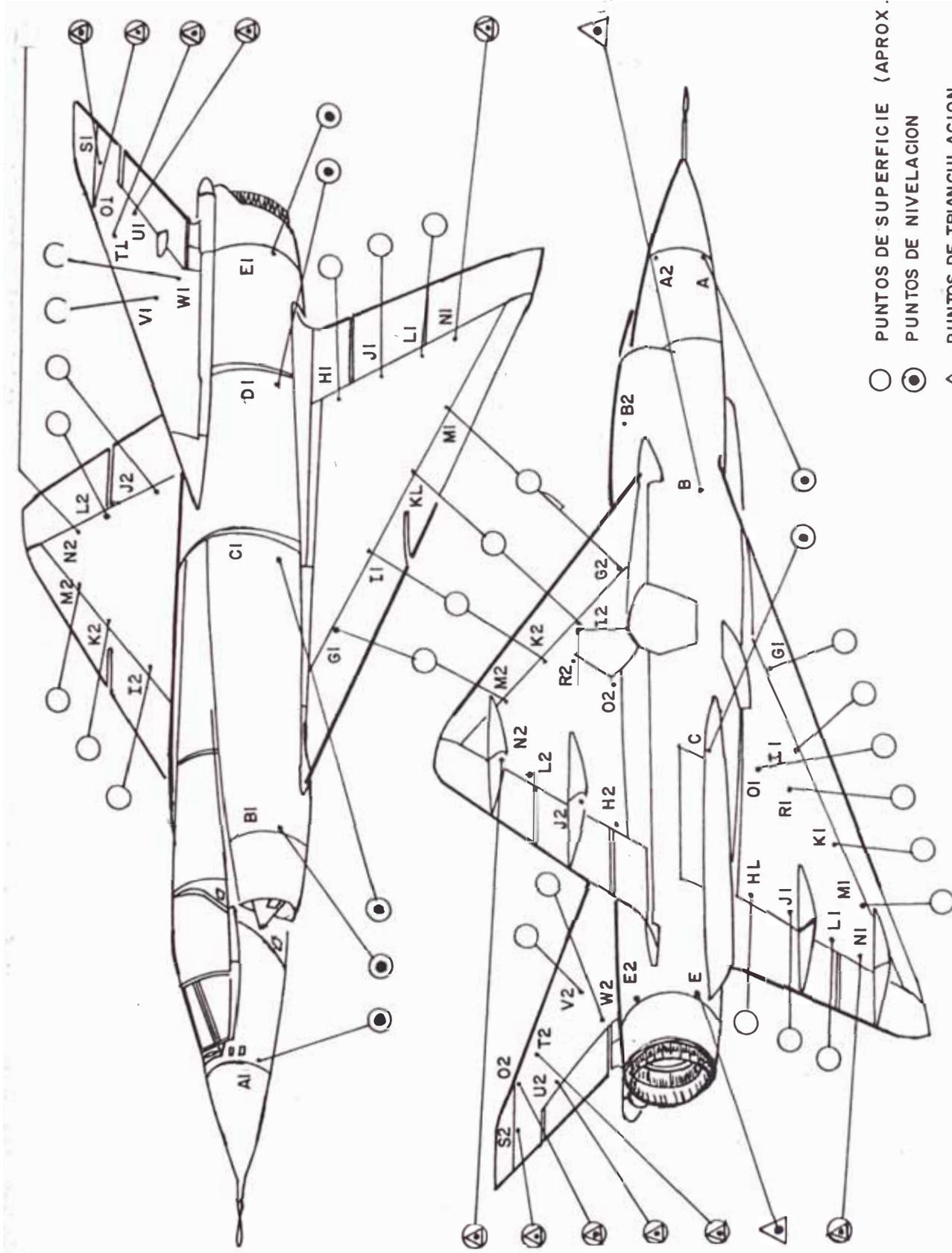
Cabe mencionar que se empleará un avión PATRON del mismo tipo y serie del que se va a reparar. A este avión se le desmontará el cono y el tren de nariz a fin de poder calzar el "JIG" en él. Previamente se habrá nivelado el avión y la herramienta. El objeto de esto es obtener los parámetros dimensionales de longitud y ángulo; los que deben coincidir con los indicados en los planos de diseños del fabricante. Estos parámetros serán llevados al avión por reparar.



AVION SUPERSONICO MIRAGE M5P.



EQUIPOS COMPONENTES DEL AVION MIRAGE M5P.



- PUNTOS DE SUPERFICIE (APROX.)
- PUNTOS DE NIVELACION
- △ PUNTOS DE TRIANGULACION
- ⊙ PUNTOS DE SUPERFICIE Y TRIANGULACION

NOTA: EL PLANO DE BASE PASA POR LOS PUNTOS B₁ B₂, E₁ E₂ Y ESTA A 110 mm. TEORICOS DEL PLANO DE REF. HORIZONTAL.

PUNTOS DE SIMETRIA DEL AVION MIRAGE M5P

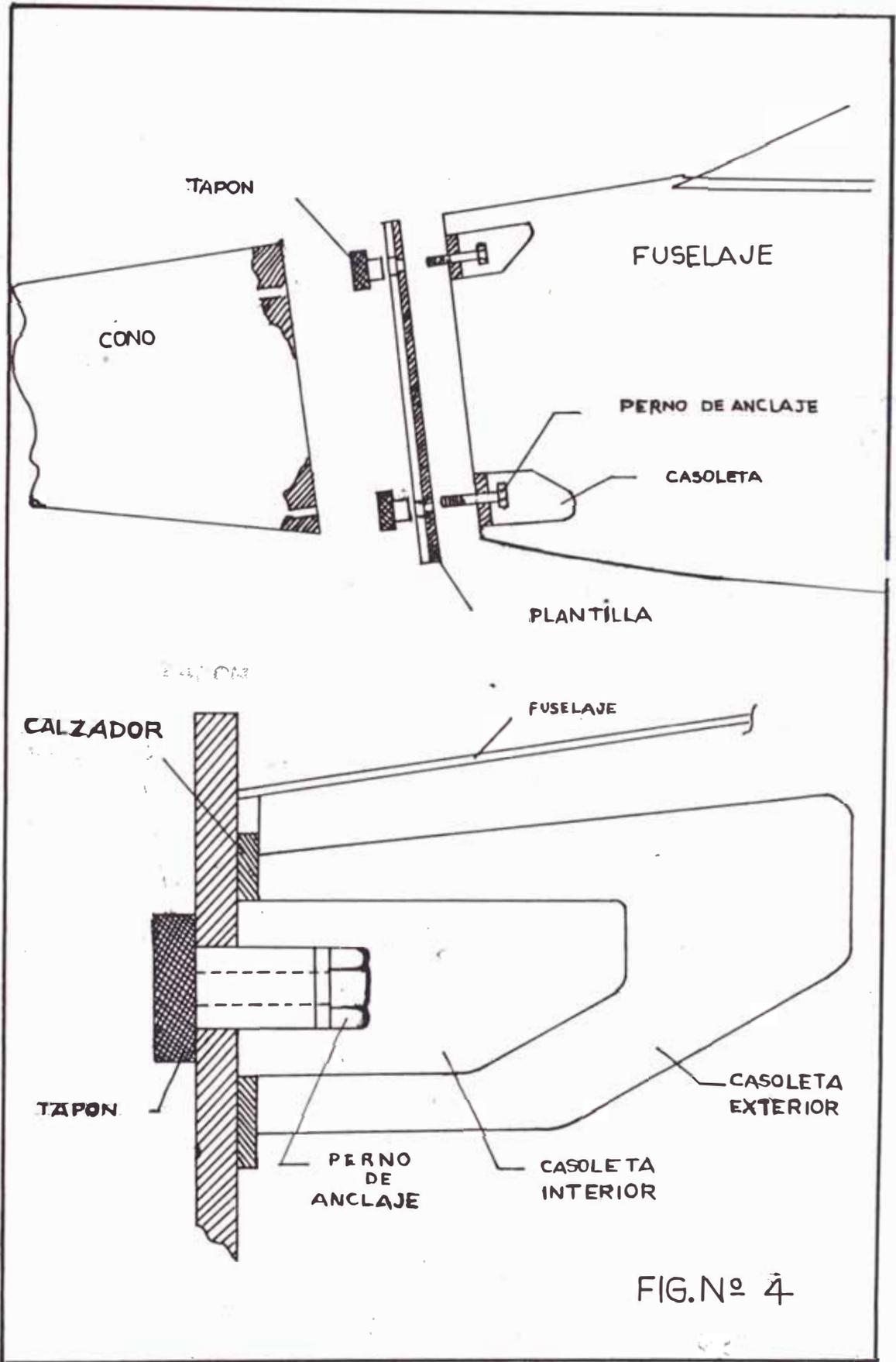


FIG. N° 4

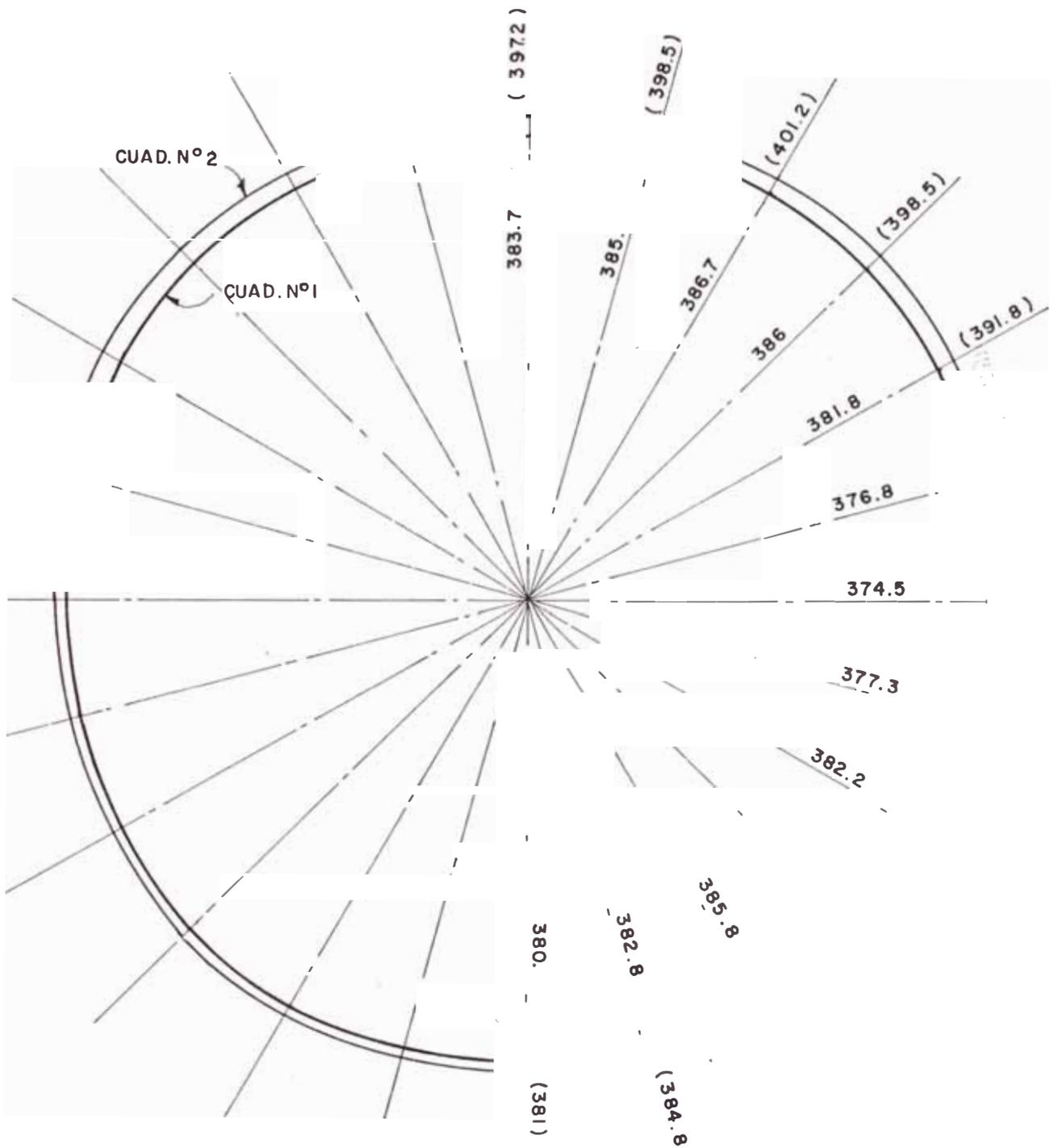


FIG. N°6 PERFIL DE FUSELAGE EN LAS CUADERNAS N°1 y N°2

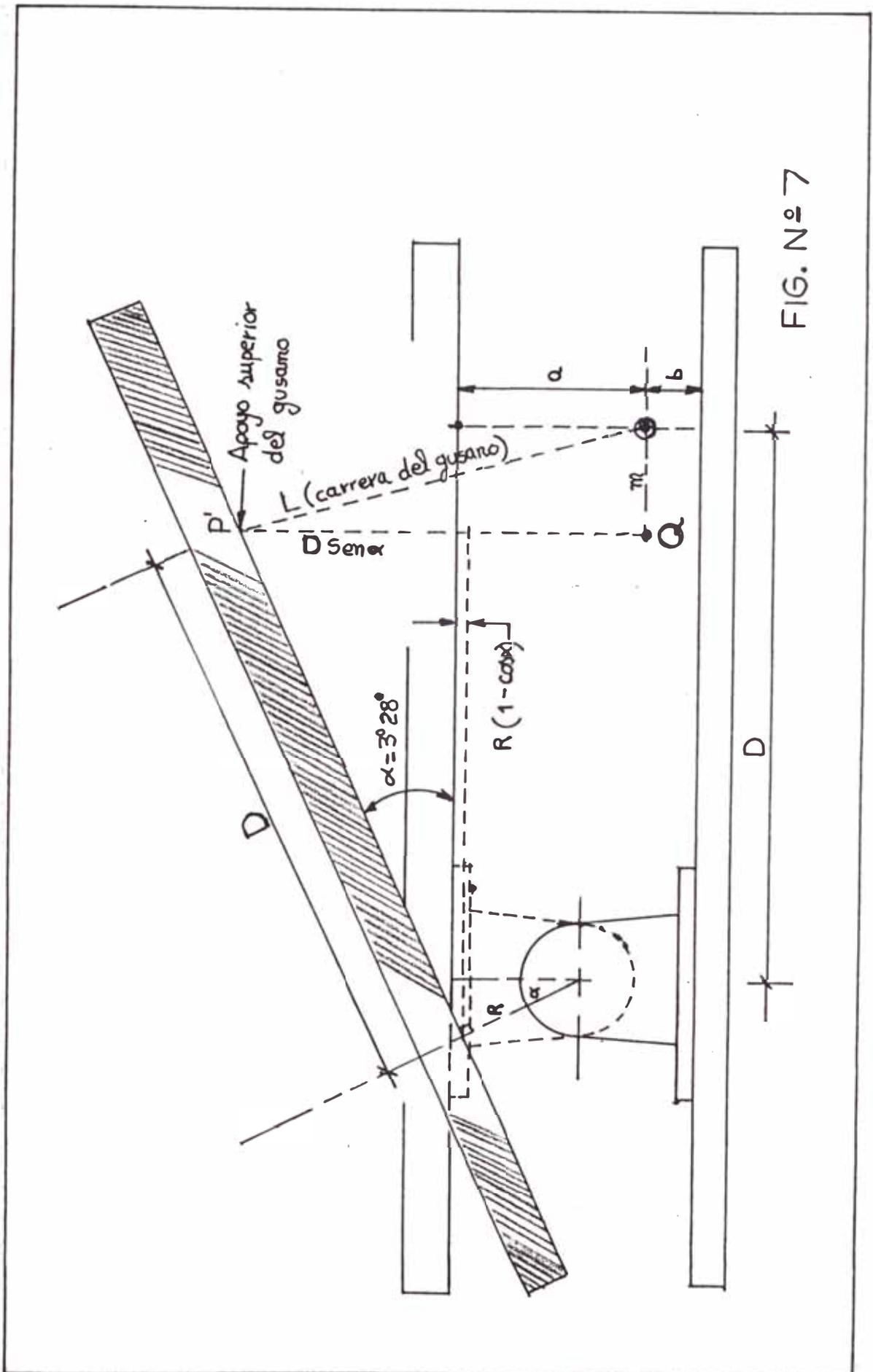


FIG. N° 7

PARTE II

CAPITULO No.4

4. DISEÑO DE LA PLANTILLA DE RECONSTRUCCION (JIG)

4.1 Descripción General (ver plano No.1)

Esta herramienta de precisión que se confeccionará en acero, utilizará los planos originales de construcción del fuselaje y del "cono de nariz". Se apoyará en cuatro ruedas laterales para su fácil transporte. La coordinación de 12 movimientos de sus partes permitirá alinearlos y fijarlos al avión. Por uno de sus extremos se incertará y fijará en la cavidad del tren de nariz a fin de facilitar y asegurar la alineación.

Condiciones que debe reunir el "JIG"

- Colocarse fácilmente debajo del fuselaje.
- Alinearse transversal y longitudinalmente respecto al avión puesto en línea de vuelo.
- Ajustarse en los ángulos que exigen la posición de las cuadernas Nos. 1 y 2.
- Ajustarse en longitud y altura deseadas.
- Señalar el perfil del fuselaje en las secciones a reparar.

- Indicar la ubicación de los agujeros de anclaje del cono en el fuselaje.
- Mantenerse rígido a fin de garantizar la reparación.
- Permitir su manipuleo y acceso en las secciones de trabajo, con partes desmontables que faciliten la reparación.

El "JIG" consta de las siguientes partes: La Plantilla, El Carro Deslizante, El Carro Soporte, y el Pivot Principal de Alineamiento.

4.1.1 La Plantilla (ver Plano No.1)

Consiste de un marco rectangular (2), hecho de perfiles de ángulo que tiene por objeto sujetar la "cara de plantilla" (3), mediante pernos y mantener la rigidez del plano. Lateralmente en sus extremos lleva unidos dos tubos perforados (4), que sirven de alojamiento y de carrera a los ejes guidores (6).

La "cara de plantilla" son dos semiplanchas que dejan una cavidad circular al centro cuando se unen. En el lado que enfrenta el avión se encuentra dibujado el perfil del borde del fuselaje, correspondiente a las cuadernas Nos.1 y 2 (ver fig.No.1 y plano No.1). A manera de topes y señalando las fronteras del perfil del fuselaje, irán pequeños ángulos repartidos en todo el perímetro. Esta cara llevará también los agujeros de ubicación de los pernos de empotramiento del "cono de nariz".

Observaciones

Para la consecución exacta de los agujeros se empleará una

"cara de plantilla" adicional hecha en plexiglás transparente, con las mismas medidas y forma de la plancha metálica. En ella se dibujará la forma del fuselaje en las cuadernas No.1 y 2, se determinará el lugar geométrico de los agujeros de empotramiento, empleado los planos de fabricación. Posteriormente se calzará en el avión patrón y verificará la coincidencia de los agujeros dibujados en el plexiglás con las del avión.

Finalmente para comprobar el éxito de la reproducción de estos agujeros se emplearán cuatro tapones con rosca interior de tal manera que al ensamblar la plantilla adicional al fuselaje del avión patrón, encajen perfectamente en el anclaje, tal como se esquematiza en las figs. Nos.4 y y plano No.5. Los tapones reproducen la parte de anclaje en el cono (diámetro y paso de rosca) que se une al fuselaje.

4.1.2 El Carro Deslizante

Es una estructura compuesta de un marco rectangular (8), de perfiles angulares soldados, lleva consigo cuatro rodamientos (9) para su deslizamiento. En su parte central e inferior lleva longitudinalmente un perfil en "T" de alineación, cuya alma se incertará a un carril a fin de que se desplace sin desviarse lateralmente, en su parte superior lleva una plancha inclinada horizontalmente (19), abizagrada por uno de sus extremos y gobernada en el otro extremo por dos gusanos elevadores (20) que darán el ángulo requerido a la plancha inclinada; esta plancha sirve de asiento a los ejes guiadores (6) y al travesaño soporte (7) del gusano elevador (5) de la plantilla.

Observación:

- En todas las construcciones se debe observar las condiciones de medidas, paralelismo y ortogonalidad que exige la "herramienta".
- Los gusanos elevadores de ángulo deben ser capaz de conseguir ángulos de 0º a 5º respecto a la horizontal, controlable hasta los minutos.

4.1.3 El Carro Soporte

Como su nombre lo indica es la estructura soporte del carro deslizante y la plantilla; además sirve de pista de deslizamiento de estos. Contiene cuatro ruedas (14) para el transporte de la herramienta, además de cuatro gusanos elevadores (15) a fin de anclar y elevar la estructura en su totalidad. Otra finalidad de estos tornillos es permitir nivelar horizontal y transversalmente el carro soporte.

La parte superior estará conformada longitudinalmente por carriles compuestos de dos perfiles en ángulo (16) colocados paralelamente; esta será la pista de desplazamiento y asiento del "carro deslizante"; irá amarrado lateralmente con perfiles iguales. En su parte central, contendrá a lo largo de 1/3 de su longitud el "Carril Alineador" el cual son perfiles guías del "carro deslizante". Cuatro columnas o tubos (17) serán los soportes de toda la estructura, estas contendrán por su parte inferior y en los extremos delantero y posterior, los travesaños (11) de desplazamiento lateral, este desplazamiento es de corta carrera (\pm 50 mm). El movimiento se logrará gracias a un gusano sin fin (12) unido a un volante (13) colocado en el travesaño.

4.1.4 El Pivote de Alineamiento (ver plano No.5)

Compuesto por dos pequeñas columnas (22) un travesaño y

dos orejas (21), todo el conjunto soldado y alinado en la parte superior y posterior del "carro soporte". Las columnas darán la altura necesaria para acercarse al pozo del tren fácilmente; el travesaño servirá de fijación de las columnas y también de asiento de las dos "planchas base" (51) de las orejas, las cuales serán acanaladas longitudinalmente.

- Las orejas están compuestas por una plancha vertical de contorno circular (21) que llevará un agujero por donde pasa un perno que unirá las orejas al tren de nariz, como base llevará una plancha acanalada (52) de tal manera que pueda deslizarse sobre la base (51) una carrera de 70 mm. su fijación última se conseguirá por empernamiento entre las bases.

Los detalles de esta descripción y las funciones que cumplen cada parte, así como la razón de su forma será explicado a través del diseño de los elementos.

Por otro lado hay determinadas piezas que no han sido mencionadas en la descripción general con el fin de no oscurecer la explicación.

4.2 Diseño y Selección de Partes

4.2.1 La Plantilla

El plano No.2, indica las dimensiones y la numeración de sus partes para su selección, así tenemos :

4.2.1.1 El Marco (2)

Para garantizar las exigencias de máxima rigidez,

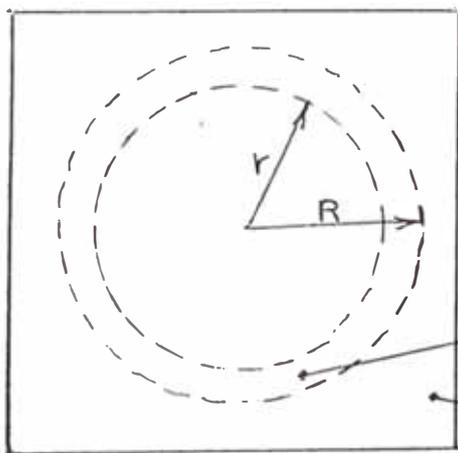
se le construirá de ángulos de 65 x 65 x 3.2 mm (2 1/2" x 2 1/2" x 1/8") en acero comercial. A fin de obtener exactitud en los empalmes y uniones por soldadura, la parte interna de los ángulos irán maquinadas.

Es de suma importancia que el marco conserve la ortogonalidad de sus vértices y el paralelismo de sus lados. Si se empalmaran todos los ángulos por soldadura, las contracciones de material por aplicación de calor alterarían por lo menos en un vértice estas condiciones; razón por la cual los vértices superiores se unirán por empernamiento con auxilio de esquineros y acabados por un par de puntos de soldadura.

4.2.1.2 La cara de la plantilla (8)

A fin de conseguir una flecha máxima de flexión menor a 0.5 r m que no pueda alterar las condiciones tolerables en los planos de empalme y conseguir una plancha del menor peso posible, determinamos el espesor en función de la flecha máxima :

Supongamos la plancha trabajando como si fuera una placa circular apoyada en sus extremos, según :



MATERIAL : Ac COMERCIAL

C. POISSON : $0.3 = \mu$.

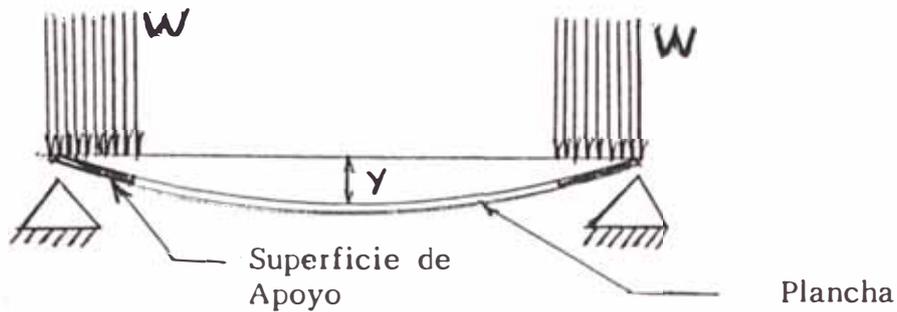
MODULO : 21136 Kg $m^2 = E$

r : 336 m.m.

R : 380 m.m.

Superficie de apoyo de la Cuaderna.

Plancha.



Como se define

La carga promedio, por presión de ensamble y remachado de la cuaderna, en la dirección normal a la cara de la plantilla es :

$$W = W (R^2 - r^2) = 10 \text{ Kg. (promedio)}$$

Aproximando nuestros datos a la distribución de esfuerzos y cálculo de deformaciones indicados en el "Condensado del Manual : "Stress and Strain" de R.J Roard", (Ing. Juan Hori A. UNI) fórmula No.9, para la flecha máxima tenemos :

$$Y_{\max} = \frac{3Wl(1-\mu)^2}{2E.t^3} \left[\frac{R^4(5+\mu)}{8(1-\mu)} + \frac{r^4(7+3\mu)}{8(1+\mu)} - \frac{R^2r^2(3+\mu)}{2(1+\mu)} + \frac{R^2r^2(3+\mu)}{2(1-\mu)} \ln\left(\frac{R}{r}\right) - \frac{2R^2r^2(1+\mu)}{(R^2-r^2)(1-\mu)} \left(\ln\frac{R}{r}\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Remplazando datos para $Y_{\max} = 0.5 \text{ mm.}$

Tenemos :

$$t \geq 3.47 \text{ mm.}$$

Hacemos $t = 5 \text{ mm. (3/16")}$

Luego tenemos para la plantilla:

Plancha de: 910 x 810 x 5 mm. de 21 Kg. de peso.

4.2.1.3 Tubo Guía (4)

Como su nombre lo indica es un guiador del desplazamiento vertical del conjunto de la plantilla.

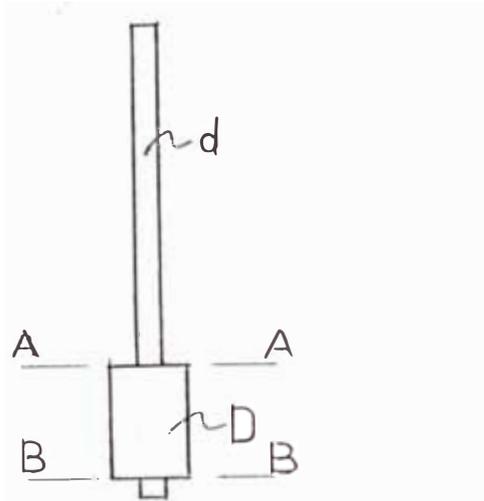
Son dos tubos unidos al marco como se indica en el plano No.2. Cada tubo se fijarán mediante dos pernos que corren cada uno sobre un canal logrado en el marco vertical como se detalla en el plano No.2. Se fija de esta forma a fin de manipular la dirección paralela de sus ejes respecto a los ejes guidores que correrán por su interior con el ajuste respectivo y tener así un movimiento vertical de la plantilla sin desviación alguna.

Las características generales de los tubos son:

Material	:	SAE 1045
Longitud	:	330 mm.
Diámetro interior	:	25.4 mm. H6.
Diámetro exterior	:	50 mm.
Peso	:	2 Kg c/u

4.2.2 Eje Guiador (6)

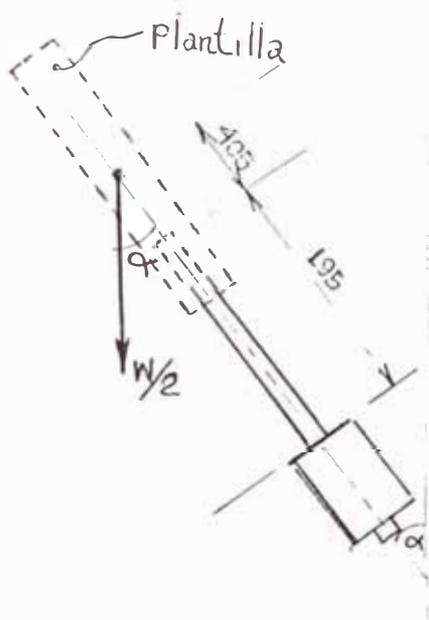
Tendrá la forma siguiente :



Material : SAE 2045

Fluencia : $S_y = 35 \text{ Kg/mm}^2$

Cálculo del Diámetro menor : d



Peso de la plantilla más sus

elementos..... 47 Kg.

Carga de manipuleo... 20 Kg.

Total (ajustado) W = 70 Kg.

Angulo crítico $\alpha = 3^\circ 28'$

Momento:

$$M = \left(\frac{W}{2} \right) (600 \text{ sen } 3^\circ 28')$$

$$M = 1270 \text{ Kgmm.}$$

Esfuerzo: de diseño :

$$S_d = \frac{S_y}{6} = \frac{35 \text{ Kg/cm}^2}{6} \rightarrow S_d = 5.83 \text{ Kg/mm}^2$$

Esfuerzo (σ)

$$S_d \geq \sigma = \frac{4M}{\pi \cdot r^3}$$

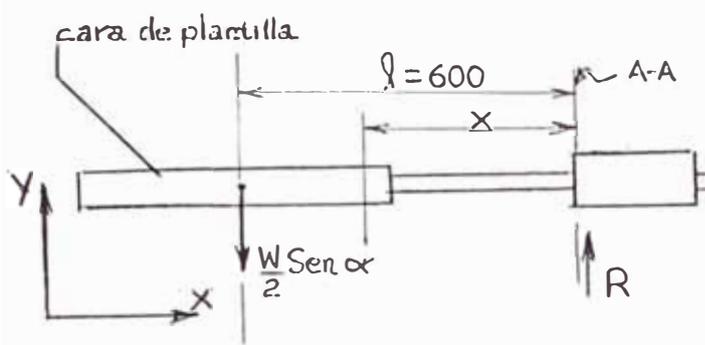
$$5.83 \geq \frac{4 \times 1270}{\pi \cdot r^3} \rightarrow$$

$$r > 6.52$$

$$d > 13.04 \text{ m.m.}$$

Calculo del diámetro "d" según su deflexión máxima :

Colocando la plantilla horizontalmente tenemos, para un extremo :



$$\frac{W}{2} \text{Sen } \alpha = \frac{70}{2} \text{Sen } 3^\circ 28'$$

$$W = 2.11 \text{ Kg.}$$

también:

$$\frac{W}{2} \text{Sen } \alpha = R$$

$$M = 2.11x$$

Si lo tratamos como una viga en deflexión respecto a A-A :

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{M}{EI} \quad Y_{\max} = \frac{0.35 l^3}{EI}$$

$$I = \frac{\pi r^4}{4} \quad (\text{asumiendo un eje de sección "d"})$$

Reemplazando en (1) :

$$Y_{\max} = \frac{0.35 l^3 (4)}{E \pi r^4}$$

$$Y_{\max} = \frac{0.35 \times 600^3 \times 4}{21136 \pi r^4} \leq 0.5$$

$$r \geq 9.76$$

$$d \geq 19.52 \text{ mm.}$$

Luego tomamos :

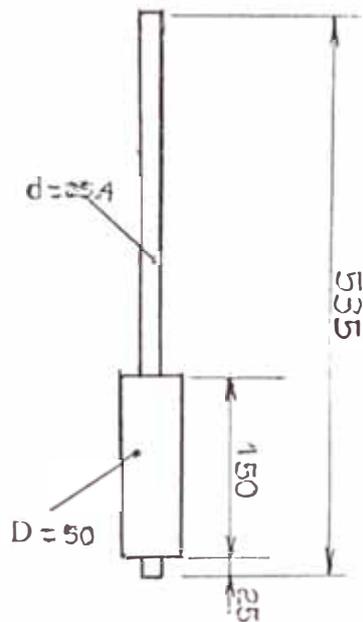
$$d = 25.4 \text{ mm.} \quad \dots \text{con ajuste deslizante H6.}$$

DIAMETRO MAYOR "D"

Será de 50 mm. para el asiento del travesaño.

El eje irá sentado a la plancha angular fijándose por un pequeño agujero de 25.4 mm.

En resumen : Eje Guiador



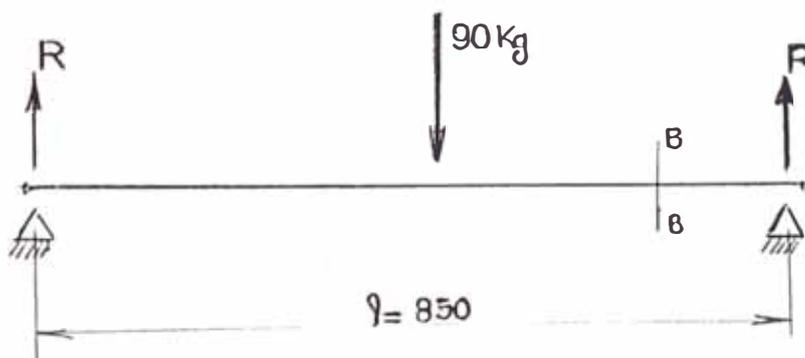
Material.- SAE 1045

Peso/eje : 2.3 Kg.

Nota : Las longitudes han sido tomadas teniendo en consideración la carrera de la plantilla y la altura del "jiG", respecto al avión.

4.2.3 El Travesaño (7)

Para una viga en "U" de 6 mm. de espesor, maquinada interiormente con dimensiones C 50/38, con una carga maxima en su centro de 90 Kg. (se ha agregado 20 Kg. más por carga inesperada) suponiendo que esta se apoya libremente en sus extremos tenemos :



$$R = 45 \text{ Kg.}$$

$$E = 21136 \text{ Kg/mm}^2$$

Para una deflexión en el centro :

$$Y_{\max} = \frac{R \cdot x^3}{6 EI} \quad (x = l/2) \dots \dots \dots (1)$$

$$M_{\max} = R \cdot l/2$$

Cálculo de I :

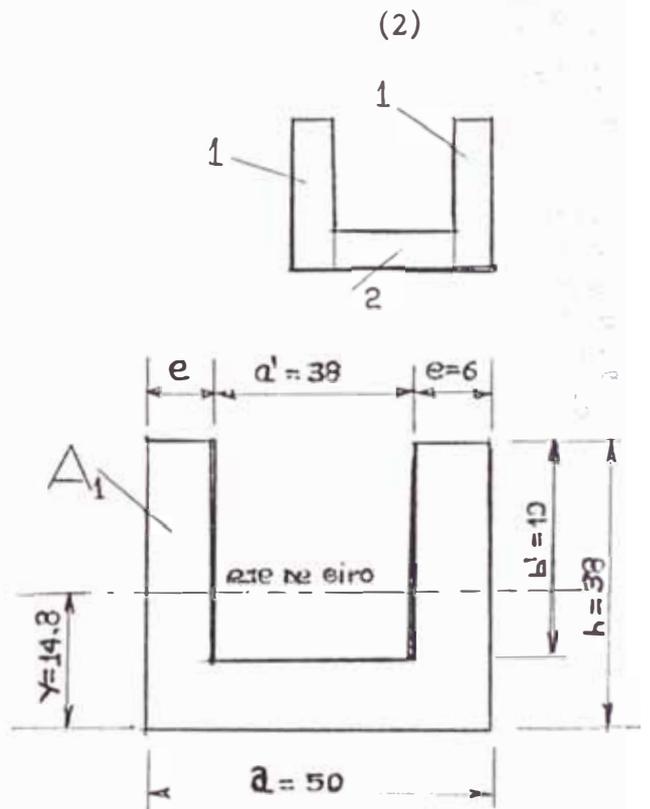
$$I = 2 I_1 + I_2 \quad (2)$$

TEOREMA DE STEINER :

$$I_G = I + A \cdot d^2$$

Aplicando:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{eh^3}{12} + (e \cdot h) (d^2) \\ &= \frac{6 \times 38 (4.2)^2}{12} + (6 \times 38) (4.2)^2 \\ &= 31458 \text{ mm}^2 \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$



Por diferencia de momentos :

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{a \cdot y^3}{3} - \frac{a \cdot (y - e)^3}{3} \\ &= \frac{38 \times 14.8^3}{3} - \frac{38 (8.2)^3}{3} = 34078 \end{aligned}$$

Reemplazando (3) y (4) en(2):

$$I = 2 (31458) + (34078) = 96994$$

Reemplazando en (1)

$$Y = \frac{45 (425)^3}{6 \times 21136 \times 96994} = 0.22 \text{ mm.}$$

suficiente, ya que realmente ira' empotrado en sus extremos.

Conclusión: Viga en "U" maquinada interiormente con los siguientes datos.

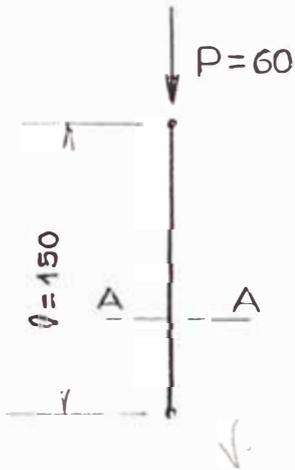
- Longitud : 920 mm.
- espesor : 6 mm.
- Peso : 3.28 Kg.
- Material : Acero comercial.
- Observación : Ira perforada en agujeros de 25.4 mm de diámetro por donde pasarán los ejes guías, luego se soldarán.

4.2.4 El Gusano Elevador (ver plano No.3)

A fin de gobernar el desplazamiento de altura y a su vez soportar la plantilla, se empleará un eje roscado cuyas características serán :

- Longitud Total : 332 mm.
- Longitud de Rosca : 235 mm.
- Diámetro : D = 20 (Asumido por razones geométricas)
- Carrera efectiva : 150 mm.
- Paso del Gusano : 1.5 mm.

Pandeo por efecto de columna :



Carga crítica de pandeo:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} > 60 \text{ Kg.}$$

Asumiendo $P = 200 \text{ Kg.}$

$$\frac{\pi^2 EI}{l^2} > 200$$

$$\frac{\pi^2 \times 21136 \times \pi r^2}{(150)^2 \times 4} > 200$$

$$r > 2.28$$

$$D_p = 18.01 \text{ mm (para M20 x 1.5)}$$

$$n = 32 \text{ (número de dientes en trabajo)}$$

$$P = 200 \text{ Kg. (carga máx)}$$

$$b = 0.75 \text{ (por semejanza de triangulo)}$$

$$\text{Esfuerzo : } \sigma = \frac{P}{\pi D n b \beta}$$

$$\sigma = \frac{200}{\pi \times 18.01 \times 32 \times 0.75 \times 1} = 1.47 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \text{ (muy inferior al esf. rotura).}$$

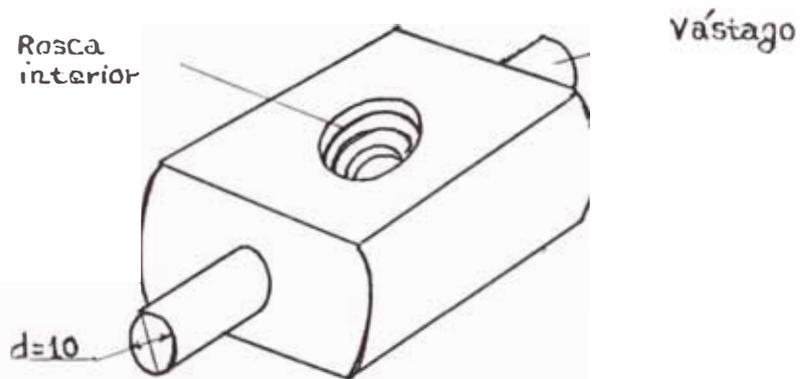
Observación.- El gusano a fin de ser gobernado fácilmente en su giro se apoyará el travesaño a través de un rodamiento, como se detalla en el plano No. 3 y será manipulado en su extremo por una palanca volante.

4.2.5 El Carro Deslizante

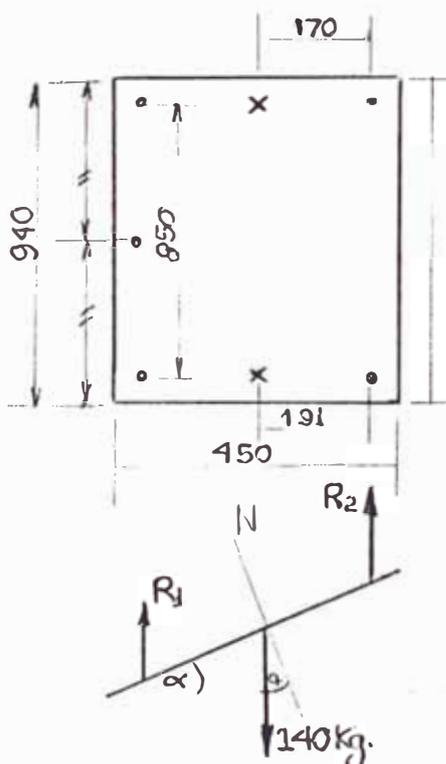
El plano No.4 detalla su forma y dimensiones.

4.2.5.1 El pivot de alineamiento angular (46)

Está compuesto de tres partes a fin de permitir su ensamble. Esto permitirá el desplazamiento angular de la plantilla al elevarla denominada plancha angular. La parte pivotante tiene una forma cilíndrica con dos vástagos como ejes de giro.



4.2.5.2 Plancha angular (19)



Equilibrio de fuerzas :

$$R_1 + R_2 = 140 \text{ Kg.}$$

Equilibrio de momentos

$$140 \times 191 - R_2 \times 450 = 0$$

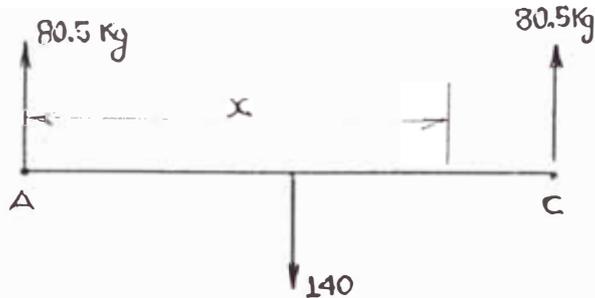
$$R_1 = 80.5 \text{ Kg.}$$

$$R_2 = 59.5 \text{ Kg.}$$

$$\alpha = 0 \text{ (situación crítica)}$$

Cálculo del espesor (t) de plancha, según la flecha máxima

para $\alpha = 0^\circ$



$$E = 21136 \text{ Kg/mm}^2$$

Momento de inercia :

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{940 \times t^3}{12}$$

$$I = 78.33 t^3 \quad (1)$$

Ley de esfuerzos :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$
$$y = \frac{Mx^2}{2EI} \quad (2)$$

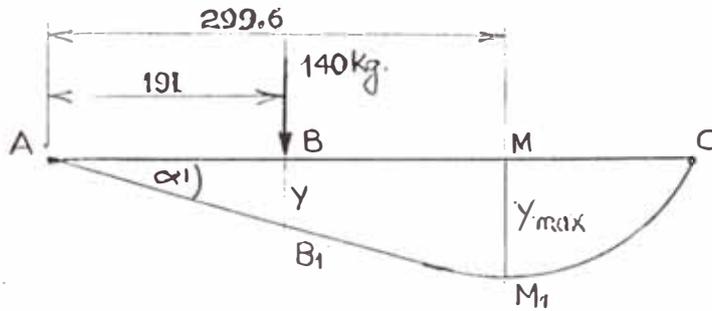
También :

$$M = 26740 - 59.5x \quad (3)$$

Remplazando (1) y (3) en (2):

$$Y_{\max} = \frac{26740 x^2 - 59.5 x^3}{2 \times 21136 \times 78.33 t^3} \quad (4)$$

La situación más crítica se presenta a una distancia $X = 299.6$, que corresponde al momento máximo, y cuando la plancha se encuentra horizontal, así tenemos :



Variación máxima del ángulo $\alpha' = 2'$

Luego :

$$\operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{Y}{191}\right) \cong 2' \quad \longrightarrow \quad Y = 0.111$$

Por triángulos semejantes : $\triangle ABB_1 \sim \triangle AMM_1$

$$\frac{Y_{max}}{0.111} = \frac{299.6}{191} \quad Y_{max} = 0.174 \text{ mm}$$

Reemplazando en (4)

$$t^3 \geq \frac{241.638}{Y_{max}} \quad t \geq 11.15 \text{ mm.}$$

$$Y_{max} = 0.174$$

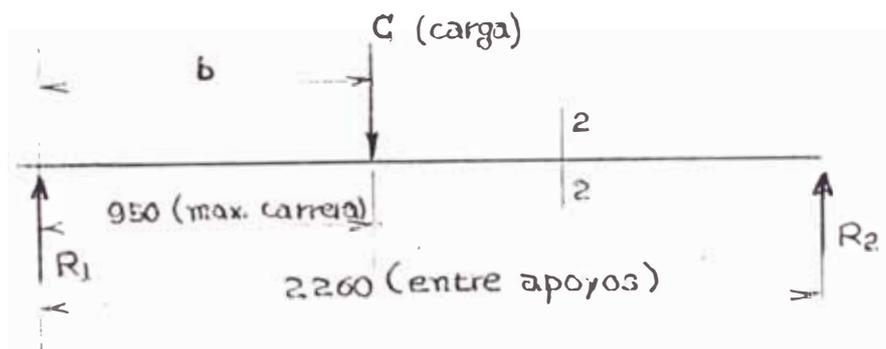
Finalmente : espesor de $t = 12.7 \text{ mm } (1/2")$

4.2.6 El carro soporte (ver plano No.5)

El elemento más crítico es el carril de deslizamiento (16) por donde corre el "carro deslizante" y por consiguiente, toda la plantilla.

4.2.6.1 Cálculo del carril de deslizamiento (16)

Deflexión en una viga :



donde:

$$2 C = \text{peso del carro deslizante} + \text{carga imprevista.}$$

$$2 C = 120 \text{ Kg.} + 70 \text{ Kg.}$$

$$C = 95 \text{ Kg.}$$

$$R_1 = 55 \text{ Kg. (aplicando equilibrio estático)}$$

$$R_2 = 40 \text{ Kg. (" " ")}$$

Cálculo de la Deflexión

$$M_{2-2} = R_1 x - c (x - b)$$

$$\begin{aligned} M_{2-2} &= 55x - 95 (x - 950) \\ &= 90250 - 40x \end{aligned}$$

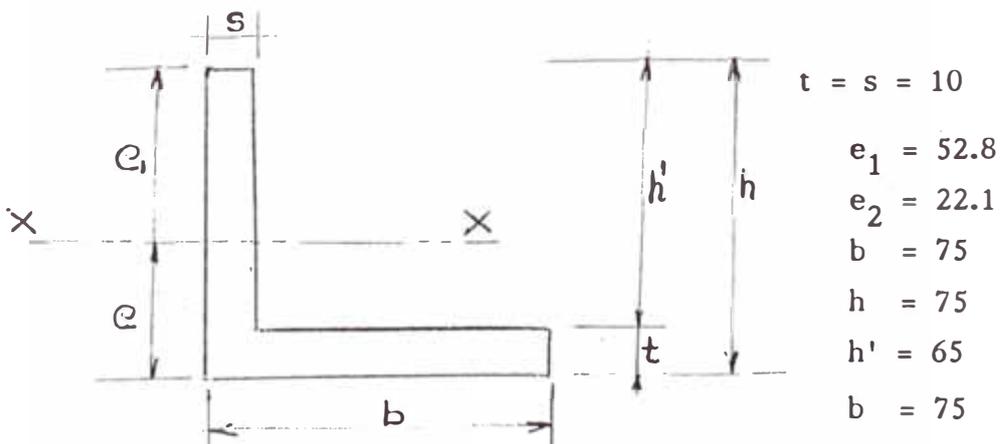
$$Y = \frac{Mx^2}{2 EI} = \frac{90250x^2 - 40x^3}{2 EI} \quad (1)$$

La flecha máxima se produce a :

$$Y' = 0 = \frac{2 (90250)x - 3 (40)x^2}{2 EI}$$
$$x = 1504 \text{ mm} \quad (2)$$

Momento de Inercia

$$I_x = \frac{bt^3 + Sh^3}{12} + bt \left(e - \frac{t}{2}\right)^2 + Sh' \left(e_1 - \frac{h}{2}\right)^2$$



$$I_x = \frac{75 (10)^3 + (10) (75)^3}{12} + 750 (22.1-5)^2 + 650 (52.9-32.5)^2$$

$$I_x = 847624.$$

Remplazando valores en (1) :

$$Y_{\max} = \frac{90250 (1540)^2 - 40 (1504)^3}{2 (21136) (847624)}$$

$$Y_{\max} = 1.89 \text{ mm. } \dots \text{ suficiente.}$$

Cabe mencionar que esta flecha produce una variación en el ángulo y que el afinamiento último del plano de la denominada "Plancha angular" se efectúa utilizando los gusanos de nivelación. Luego podemos quedarnos con el perfil asumido.

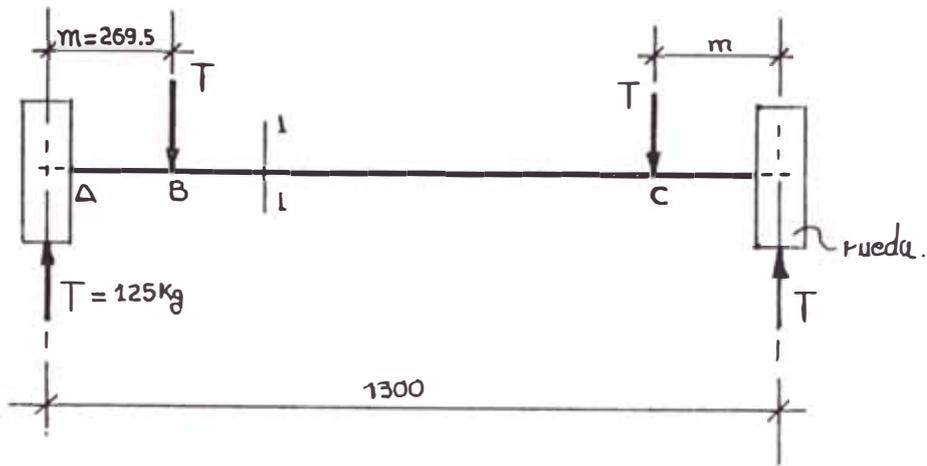
4.1.6.2 Cálculo del eje de las ruedas de transporte del "JIG".

$$W = 360 \text{ Kg. peso total del JIG}$$

$$W' = 360 \text{ Kg.} + 140 \text{ Kg.} = 500 \text{ Kg. (Por carga imprevista)}$$

$$T = \frac{W'}{4} = 125 \text{ Kg. } \dots \text{ (Carga en un apoyo, ver fig. adjunta)}$$

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} = \dots (1) \text{ esfuerzo de flexión en el eje de la rueda.}$$



Punto A :

$$M_{A-A} = T \cdot X - T (x-m)$$

$$= T \times m = 125 \text{ Kg.} \times 269.5 \text{ mm.}$$

Reemplazando en (1) =

$$= \frac{32 \times 125 \times 269.5}{\pi \cdot d^3} = \frac{343137.1}{d^3} \dots\dots (2)$$

Para un acero SAE 1045 :

$$S_u = 70 \text{ Kg./mm}^2 \dots\dots \text{esfuerzo de rotura}$$

$$S_d = \frac{S_u}{5} = 14 \text{ Kg./mm}^2 \dots\dots \text{esfuerzo de diseño}$$

Luego:

$$S_d > \sigma$$

$$14 > \frac{343137.1}{d^3}$$

$$d > 29.1 \text{ mm.} \dots\dots d = 1 \frac{1}{4} \text{ pulg.}$$

CAPITULO No.5

5. APLICACION DE LA PLANTILLA DE RECONSTRUCCION

Una garantía del buen montaje de la "Plantilla" o "JIG" es la correcta utilización de equipos, herramientas y en el seguimiento ordenado de los procedimientos de montaje. Esto también evitaría efectuar trabajos repetitivos.

5.1 Equipos y accesorios complementarios

- Nivel de Ingeniero.- ó "Luneta de nivelación", es un lente de alta aproximación, afinamiento interior, de gran alcance. Se apoya en pedestal (Trípode) de madera. El conjunto permite culminar la nivelación hasta los límites permisibles en décimos de milímetro.

- Tres gatos hidráulicos.- de 12 tn/c/u para elevaciones entre 0.80 m. y 1.70 m., con anillos roscados de bloqueo en el eje de elevación.

- Un ángulo de burbuja de doble nivelación.- (Nivel

RMN5), instrumento que se instala en la cabina del avión; está provisto de doble burbuja, una en cada ángulo, que permite la nivelación transversal y longitudinal en su primera aproximación.

- Un inclinómetro.- Instrumento de precisión que permite medir el ángulo de elevación o inclinación de una superficie respecto a la horizontal.

- Regleta de nivelación.- Regla metálica graduada en milímetros con aditamento en los extremos para portar punteros metálicos y nivel circular.

- Nivel circular.- Nivel de burbuja concéntrica para determinar la verticabilidad de la regla.

- Otros.- Plomada, cinta metálica de 25 m., graduada en cm., cuerda de marcar, foco de luz, llaves de boca, cinta pegante especial (Masking tape), tiza, etc.

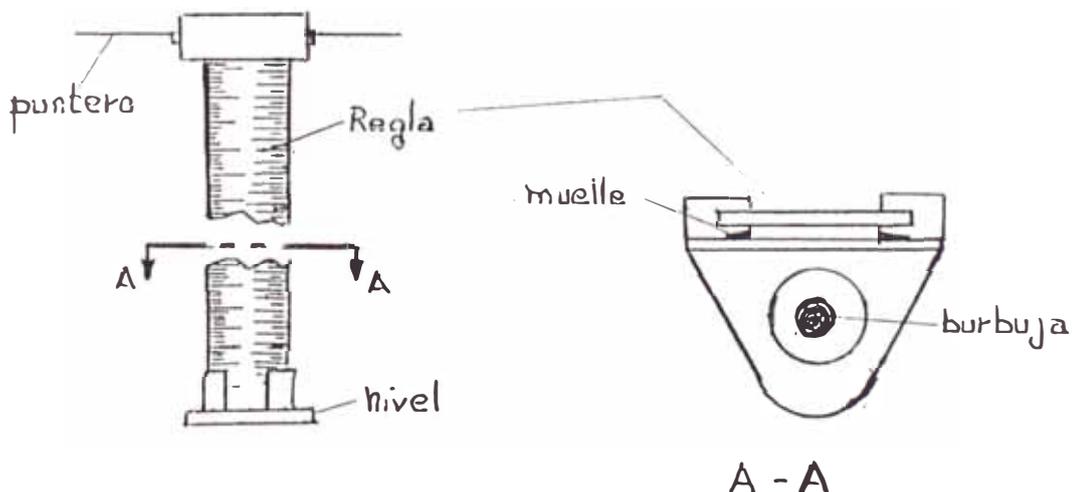
5.2 Procedimientos de Montaje

- Primeramente elegir un lugar amplio de por lo menos 15 m x 30 m, protegido contra el viento y variaciones de temperatura (Hangar), factores cuyas variaciones impediría encontrar valores ajustados de medición en forma permanente. Por otro lado es necesario respetar las normas de seguridad y prevención de accidentes en las maniobras para aparcar los aviones.

- Los aviones deben estar sin combustible ni cargas externas, asimismo personal especializado procederá a desmontar el cono de nariz, colocar en gatas el avión, desmontar el "tren de nariz".

5.2.1 Nivelación del avión patrón

- Colocar el avión en gatas y en los puntos de apoyo de ala y nariz.
- Elevar el avión hasta que las ruedas se encuentren a ± 50 mm. del piso.
- Colocar el "nivel de Ingeniero" y su trípode 3 m. detrás del avión y 2 m. a la izquierda de su línea de simetría. El trípode tomará una altura de ± 1.10 m. y su base del asiento del nivel se graduará en 0° con ayuda del inclinómetro.
- Afinar la horizontabilidad del "Nivel de Ingeniero" con auxilio de sus controles internos. La nivelación horizontal debe ser igual cuando se gire en un ángulo de 180° .
- Colocar el puntero, portapuntero y el nivel circular en la regleta de nivelación, como se indica:



- Con el uso de las gatas y el nivel "RMN5" puestos en el avión, encontrar la horizontalidad del avión, efectuando ligeras elevaciones en los gatos hasta colocar las burbujas del nivel entre las líneas centrales, primero el transversal luego el horizontal. El operador debe estar fuera del avión y sobre una tarima.

Terminada la nivelación proceda a bloquear las gatas.

- Colocar el puntero de la regleta sucesivamente en los puntos : A_1 , B_1 , E_1 , A_2 , B_2 , E_2 (ver fig.No.3) del avión, manteniendo la regleta vertical con ayuda del nivel circular; lea a través del "nivel de Ingeniero" la medida hasta los décimos de mm. (Auxiliese con luz artificial).

- Comparar y aproximar las lecturas en el siguiente orden y debe cumplirse:

Horizontalidad lateral

$$|A_1 - A_2| + |B_1 - B_2| + |E_1 - E_2| \leq 0.7 \text{ mm.}$$

Nota

Los puntos A_1 , A_2 son para control complementario.

Horizontalidad longitudinal

$$\frac{B_1 + B_2}{2} = K_1 \quad ; \quad \frac{E_1 + E_2}{2} = K_2$$

$$|K_1 + K_2| \leq 0.7 \text{ mm.}$$

Según lo indica el Manual de Reparación emitido por el fabricante.

- En caso no se consiga estas aproximaciones utilice el gato que sea necesario desbloquéelo y con auxilio del "anillo de bloqueo" de gatos, girar este un ángulo conocido según sea para elevar o bajar (45º por ejm.) luego asiente el gato en esta nueva posición y proceda a verificar la medida.

5.2.2 Nivelación del avión por reparar

Se seguirá los mismos procedimientos que para el avión patrón, con la observación que en el cálculo de medidas se prescindirá de los puntos A_1 y A_2 que se perdieron en el accidente.

5.2.3 Colocación y nivelación de la "plantilla" en el avión patrón

- Bajar una ploma desde los puntos B, E del avión al suelo a fin de proyectar su línea de simetría, marcar esta línea en el piso con el uso de una cuerda bañada en tiza.
- Colocar la cara de "plexiglas" en la plantilla.
- Llevar el carro bajo el avión y alinearlos en su centro. Para efectuar esto hóríentese haciendo coincidir los terminales de dos plomadas que penden de la parte central de cada extremo del "carro soporte" con la línea de simetría del avión proyectada en el suelo.
- Accionar uniformemente los "gusanos elevadores" (15) de anclaje a tierra (ver plano No.1) y el "pivot", hasta que el centro de las orejas del "pivot" se encuentre en un

radio de ± 10 mm. del agujero del "tren de nariz" y las ruedas del carro se encuentren en el aire.

- Con el auxilio del inclinómetro y los gusanos elevadores, nivelar el carro soporte.
- Deslizar las orejas del "pivot" hasta que el centro de sus agujeros se encuentren en la vertical que pasa por el centro del agujero del tren.
- Con los dos gusanos posteriores del "carro soporte" levantados proporcionalmente iguales, hacer coincidir el centro de las orejas del "pivot" y de los agujeros del tren.
- Colocar el perno del "pivot de alineamiento" en las orejas, intentando pasarlos a través del agujero del tren; si hubiera descolocación mínima, efectúe movimientos coordinados como :
 - Deslizamiento horizontal de las orejas.
 - Giro de los volantes de los travesaños del "carro soporte" (13) para el movimiento transversal mínimo (ver planos Nos.1 y 6).
 - Habiendo pasado los dos pernos del "pivot", verificar:
 - Que cada perno haya ingresado hasta su tope. Si no fuera así accionar las volantes de los travesaños en forma porporcionar para correr el carro transversalmente hacia la derecha o izquierda según convenga.
- Bloquear el movimiento transversal colocando y ajustando las tuercas de los pernos del "pivot".
- Bloquear las orejas empleando sus pernos de fijación y marcar su posición.

- Reajustar la nivelación horizontal del "carro soporte" utilizando el inclinómetro y los gusanos elevadores delanteros.
- Colocar horizontalmente la "plancha angular" empleando el inclinómetro y los pequeños gusanos elevadores. Alrededor de cada gusano se encuentra un disco graduado. Colocarlo en cero respecto a un canal que tiene el tornillo o
- Girar ambos gusanos 15 vueltas y 39° , esto para llevar la "plantilla" a un ángulo de $3^{\circ} 28'$, respecto a la horizontal (ver fig.Nro.7).
- Acercar la cara de plantilla ± 10 mm. a la cuaderna No.1.
- Utilizando el gusano elevador de plantilla, subir (o bajar) ésta hasta que el perfil dibujado en el "plexiglas" se aproxime al perfil del avión, luego aplicar ligera presión hasta que el "plexiglas" se apoye totalmente en la cuaderna. Esto comprueba el perfecto estado de inclinación del "cono de nariz".
- En caso exista una luz en las caras de contacto, maniobrar proporcionalmente los pequeños gusanos girándolos un ángulo entre $\pm 52^{\circ}$ tolerables.
- Con el "gusano elevador de plantilla" hacer coincidir los centros de los agujeros de anclaje de cono: de la cuaderna y del "plexiglas". En caso no coincidan hacer las correcciones en el "plexiglas".
- Correr el "carro deslizante" hacia atrás y desmontar el

"plexiglas" a fin de practicarle los cuatro agujeros de anclaje en el lugar encontrado y en los diámetros indicados (19 mm. de fábrica), luego volver a colocarlo.

- Acercando la cara de plantilla al avión, colocar los "tapones de comprobación" de exactitud de ensamble (ver Fig.No.4) a través del plexiglas. Roscarlos a la cuaderna del avión.
- Anotar las lecturas que indican los marcadores ubicados en : (*)

$$\begin{aligned} D &= 375 \text{ mm} & m &= D + R \text{Sen} \alpha - D \text{Cos} \alpha \\ a &= 50 \text{ mm} & m &= 375 + 33 \text{ sen } 3^\circ 28' - 37 \\ & & & (\text{Cos } 3^\circ 28') \\ b &= 16 \text{ mm} & m &= 2.681 \text{ mm.} \\ R &= 33 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Alargamiento del gusano : (Fig Nro 7)

$$A_g = L - a \quad (1)$$

$$\begin{aligned} P'Q &= a - R (1 - \text{Cos} \alpha) + D \text{Sen} \alpha = 50 - 33 (1 - \text{Cos} \\ & & & 3^\circ 28') + 375 \\ & & & \text{Sen } 3^\circ 28'. \\ & & & = 72.614 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{(72.614)^2 + (2.681)^2} \rightarrow L = 72.663 \text{ mm.}$$

Reemplazando en (1) :

$$A_g = 72.663 - 50 \quad A_g = 22.663 \text{ mm.}$$

Número de vueltas del gusano : (N)

$$N = \frac{22.663 \text{ mm}}{1.5 \text{ mm/vuelta}} \quad N = 15 \text{ vueltas } 39^{\circ}$$

- (*) La cara posterior e inferior de la "plantilla" que determina la carrera del gusano de elevación.
- (*) La cara lateral del "carro soporte" que determina la carrera del "carro deslizante".
- (*) El graduador de ángulo en los pequeños gusanos de elevación de la llamada "plancha angular".
- Bloquear el "carro deslizante" y desmontar el "JIG" del avión totalmente.
- Desmontar el plexiglás y reproducir los agujeros en la cara de plantilla de metal, teniendo cuidado al reproducir de hacer coincidir geométricamente ambas planchas. Practicar además los agujeros de fijación para la colocación de los "ángulos guías" que dan los límites del perfil de las cuadernas Nos.1 y 2.
- Montar la plancha metálica al "JIG".

5.2.4 Colocación y nivelación de la "plantilla" en el avión por reparar.

Repetir los procedimientos anteriores para la colocación y nivelación del "JIG" en el avión patrón, teniendo en cuenta lo siguiente :

- Solo utilice la cara de plantilla metálica.
- Colocar la luneta de nivelación en la misma posición y altura anterior respecto al avión patrón.

Con el auxilio de los gatos hidráulicos, llevar el avión por reparar a la misma altura del avión patrón, reproduciendo las cotas : B_1 , B_2 , E_1 , E_2 , anteriores.

5.2.5 Reparación

La cuaderna No.2.-

Para este caso poner la "plancha angular" o 0° , con ayuda del inclinómetro; colocar los ángulos que guían los límites del perfil de la cuaderna No.2 y llevar la cara de plantilla hasta el lugar de colocación de esta cuaderna. Técnicos estructuristas colocará la cuaderna y la sección de fuselaje correspondiente.

La cuaderna No.1.-

Para este caso llevar los parámetros de elevación de: la "cara de plantilla", carrera del "carro deslizante", número de vueltas del pequeño "gusano de elevación" de la "plancha angular"; todos a las condiciones del avión patrón.

Colocar luego los ángulos que guían los límites del perfil de la cuaderna No.1 y sacar los ángulos guías anteriores. Técnicos estructuristas colocarán la cuaderna, casoletas, refuerzos, pernos de anclaje, y resto de la estructura del fuselaje.

Observación

En la operación final del montaje del "JIG" y para cada cuaderna, antes de la reparación, debe colocarse los "brazos templadores" de la cara de plantilla (ver fig.No.1) a fin de dar rigidez al sistema y las fuerzas de presión y vibración para el remachado,

no entere la posición ideal del "JIG". Esta posición será controlada mediante la ubicación de un "punto fijo" en la plantilla y visto a través del "nivel de Ingeniero".

CAPITULO No.6

6. EVALUACION ECONOMICA

Efectuando una estimación global de los costos de reparación de "fuselaje de nariz" tanto si se efectuara en la casa matriz o en las instalaciones del Semán, tenemos :

6.1 Costo de reparación en Francia

- Transporte (ida y vuelta) por avión FAP (Grupo No.8)

$$\begin{aligned} T &= (\text{peso del fuselaje}) \times (\text{flete}). \\ &= (1200 \text{ Kg}) \times (1.53 \text{ \$/Kg.}) \\ &= 1836 \text{ \$ (Dólares)} \end{aligned}$$

- Reparación.- (15 días)

$$\begin{aligned} R &= (\text{Tiempo de reparación}) \times (\text{\$/h}) \\ &= (15 \times 8 \text{ hs}) \times (65 \text{ \$/h}) \\ &= 7800 \text{ \$} \end{aligned}$$

- Material.- (Aluminio Alclad)

$$\begin{aligned} M &= (\text{peso promedio}) \times (\text{\$/Kg.}) \\ &= (20 \text{ Kg.}) \times (8 \text{ \$/Kg.}) \\ &= 160 \text{ \$} \end{aligned}$$

- Costo Total :

$$C = T + R = M$$
$$= 9,796 \$ (\text{Dólares})$$

6.2 Costo de reparación en SEMAN

6.2.1 Construcción del "JIG" (20 días)

- Material:

$$M_1 = (3500 \text{ Kg}) \times (20 \text{ I/Kg.})$$
$$= 7000 \text{ I} \dots\dots\dots 233 \$$$

- H-H empleadas:

$$F_1 = 15d \times 8h/d-H \times 130 \text{ I/h} = 46,800 \text{ I} \dots\dots$$
$$1560 \$.$$

Horas máquina (H-M)

$$F_2 = 10d \times 8HM/d \times 350 \text{ I/HM} = 28000 \text{ I} \dots\dots$$
$$933 \$$$

Costo Total :

$$C_1 = M_1 + F_1 + F_2$$
$$= 2726 \$$$

6.2.2 Gasto de reparación

Material :

$$M_2 = (\text{peso}) \times (\text{I/Kg.})$$
$$= 10 \text{ Kg.} \times 8 \text{ \$/Kg.}$$
$$= 80 \$$$

Costo Total:

$$C_t = C_1 + M_2 + F_2$$
$$= 3446 \$$$

6.3 Valores comparativos

Se observa una diferencia de :

	Tiempo	Costo	Riesgo
Extranjero	30 Ds.	9796\$	1/1
Semán	75 Ds.	3445\$	2/1

CONCLUSIONES

- a. Resulta muy costoso efectuar una reparación de fuselaje en el extranjero, tanto por la distancia como por el alto costo de la mano de obra.
- b. Las posibilidades de reparación en el Perú de estructuras de avión y de precisión son grandes, si se sigue una política de apoyo a la elaboración de bancos y dispositivos auxiliares.
- c. Los costos de reparación Nacional están muy por debajo de sus costos si se efectuaran en el extranjero.
- d. Una reparación Nacional amplía las posibilidades de reparación afines, posteriores.
- e. Esta "plantilla de recuperación" servirá para la reparación de parte del fuselaje y otras cuadernas del avión Mirage; abriendo las posibilidades de construir otros dispositivos semejantes para otros aviones.
- f. Se hace prioritaria la necesidad de incentivar la investigación en el campo de las reparaciones: estructurales, eléctricas, mecánicas.
- g. La Aeronáutica nacional debe sentar sus bases científicas en las

Universidades Nacionales a fin de proyectar su aplicación al campo del Mantenimiento, tanto de aviones de combate como aviones comerciales y particulares.

BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DE REPARACION AVION MIRAGE MSP AMD-BA No.MOG M5P4-DP4 MARCEL DASSAULT,FRANCIA 1966.
2. ESFUERZOS Y DEFORMACIONES Ing.JUANM HORI ASANO Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ing.Mecánica Lima, 1975.
3. LAS ARTES DEL VUELO Juan J.Maluquer (Director Enciclopedia Aeronáutica Ilustrada. Editorial Blume,Barcelona. Madrid. 1974.
4. MANUAL DEL ING.MECANICO Volumen I, 8a.Edición. Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana S.A. Bogotá - Colombia.
5. ORGANIZACION DE LOS ESCALONES DE MANTENIMIENTO Ordenanza FAP 66-1
6. CICLO DE INSPECCIONES PARA AERONAVES FAP Orden Técnica FAP OC-25-4 del 15-03-77