

7  
2ej

TITULO DEL PROYECTO

INSTRUMENTOS MUSICALES ELECTROMECHANICOS DE CUERDAS

T E S I S PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN DISENO INDUSTRIAL PRESENTA

DIEGO IVAN QUIROZ ROTHE

EN COLABORACION CON

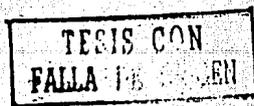
EUGENIO MUNOZ LEAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISENO INDUSTRIAL, CIDI

CIUDAD UNIVERSITARIA D.F. 1991





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

- 1.- LA NECESIDAD Y SU CONTEXTO
- 2.- OBJETIVOS DEL TRABAJO
- 3.- ANTECEDENTES DEL PRODUCTO
- 4.- CONDICIONANTES TECNICAS
  - 4.1.- Componentes del instrumento.
- 5.- CONDICIONANTES DE MERCADO
  - 5.1.- Definición de requerimientos.
- 6.- CONDICIONANTES ERGONOMICAS
  - 6.1.- El producto y la ergonomía.
  - 6.2.- Posturas de uso.
  - 6.3.- Relación de trastes y la mano.
- 7.- PERFIL DEL PRODUCTO
- 8.- PRESENTACION DEL PRODUCTO
  - 8.1.- Especificaciones.
  - 8.1.- Planos.
- 9.- PROCESO DE FABRICACION
  - 9.1.- Descripción de procesos aplicados.
  - 9.2.- Descripción de materiales aplicados.
  - 9.3.- Estudio de costos.
- 10.- EXPERIMENTACION
- 11.- CONCLUSIONES
- 12.- GLOSARIO
- 13.- BIBLIOGRAFIA

## LA NECESIDAD, SU CONTEXTO

-El diseño industrial y los instrumentos musicales.

Diseño industrial: es una actividad multidisciplinaria, que tiene como objetivo principal la conceptualización de productos o bienes de consumo, concebidos para satisfacer las necesidades humanas.

La música representa un área de trabajo donde el diseño industrial desempeña un papel muy importante, tanto en el diseño de nuevos instrumentos y equipos, como en su producción y comercialización.

México se considera un país culturalmente musical, ya que gran parte de su población escucha ó ejecuta la música. La música es parte de la vida diaria, acompaña las actividades laborales, educativas y recreativas en todas las clases sociales.

Históricamente se tienen informes referentes a las culturas prehispánicas sobre la producción y ejecución de instrumentos musicales de percusión, aliento e incluso de cuerdas, utilizados para las celebraciones religiosas y festividades sociales, asimismo como medios de comunicación. Estos eran fabricados con materiales orgánicos y cerámicos.

Posteriormente a la conquista, el mestizaje y la combinación de diversas culturas da origen a nuevos instrumentos, nuevas formas, texturas y principalmente a nuevos sonidos.

El arte de la construcción de instrumentos octavados fue enseñado principalmente por las órdenes religiosas españolas, encargadas de transmitir la información proveniente de las familias más importantes de constructores de instrumentos

musicales de cuerdas, provenientes de Italia, Alemania y España, siendo este arte conocido como Ludería.

La construcción de instrumentos musicales tenía un alto grado de dificultad y la producción con calidad era limitada, su fabricación era considerada como un arte y los pocos conocimientos eran aprendidos prácticamente y enseñados de padres a hijos, ésta tradición se conserva hasta nuestros días, por tal motivo se tiene poca información sobre la construcción de instrumentos musicales y, hasta la fecha su fabricación es artesanal.

En cuanto a la producción industrializada, podemos decir que prácticamente no existe en el país, sobre todo debido a la falta de tecnología apropiada para producir el número de instrumentos que demanda el mercado, con las especificaciones y calidad del producto extranjero. Sólo se podría competir haciendo grandes inversiones y con el apoyo de los distribuidores, medios difíciles de obtener si no se tiene experiencia y reconocimiento en el mercado.

Por lo tanto los músicos nacionales se ven en la necesidad de adquirir instrumentos importados.

Atender a una necesidad social que se refleja en el mercado es actividad del diseñador industrial, adecuando la solución del problema a los materiales y procesos de fabricación, con el fin de desarrollar tecnología e incrementar así la producción nacional.

## 2.- OBJETIVOS

Con el fin de impulsar la fabricación de instrumentos musicales en México, se pretende realizar una propuesta de diseño industrial de una guitarra eléctrica, con base en la tecnología nacional y aplicación de materiales disponibles en el país.

El resultado será un producto con bajo costo de producción y calidad suficiente para competir con los productos de importación, incluso en el mercado extranjero.

Esta propuesta se inclina principalmente a la aplicación de nuevos materiales en este tipo de instrumento, más que el desarrollo formal del producto.

## SECTOR AL QUE SE DIRIGE EL PRODUCTO

La guitarra es uno de los instrumentos más utilizados en la producción de diferentes estilos musicales, clásicos y populares. Siendo la música popular la rama donde mayor consumo tiene este producto.

El aprendizaje básico de la guitarra, con respecto a otros instrumentos de cuerdas, resulta ser más fácil, ya que la ejecución de sencillas notas educa, entretiene y motiva al ejecutante, sin embargo la precisión para su ejecución requiere de varios años de práctica, constancia y dedicación.

El uso de la guitarra y bajo eléctricos se ven presentes en todos los grupos musicales contemporáneos. Es un producto de consumo tanto como el medio profesional como en el amateur, donde muchos jóvenes y amantes de la música ejecutan estos instrumentos, por lo que existe gran demanda a nivel nacional e internacional.

Todo producto comercial tiene un estudio de mercado y un sector en la población a donde dirigir sus ventas. En este caso se pretende crear un instrumento musical accesible económicamente de calidad y competitividad con los productos de importación reduciendo el costo de adquisición por medio del diseño, tecnología, procesos y manufactura nacionales.

El primer modelo de nuestro producto será competitivo con la guitarra extranjera más barata, ofreciendo ventajas de ligereza y comodidad de uso, fácil manejo debido a mecanismos simplificados, resistencia y estabilidad estructural, mantenimiento sencillo y sonido agradable.

### 3.- ANTECEDENTES DEL PRODUCTO

#### ORIGEN DE LA GUITARRA Y BAJO

La guitarra y el bajo son instrumentos musicales que producen sonido al puntear o rasguear sus cuerdas por medio de los dedos, uñas, plumillas u otros objetos.

La guitarra acústica se fabrica principalmente de madera, donde el sonido proviene directamente de la vibración de las cuerdas en una caja de resonancia. El antecesor de la guitarra, bajo y mandolina es el laud, que da origen a la palabra laudería, arte de la construcción de instrumentos de cuerdas.

La evolución de la guitarra sucede a partir de la búsqueda de un mejor sonido, mayor volumen y claridad, mejores mecanismos de afinación, mayor resistencia del instrumento al medio ambiente y al uso, donde la caja de resonancia permaneció como constante durante muchos años, con pequeñas variaciones formales. La guitarra acústica se define básicamente por un instrumento constituido por un brazo, una caja de resonancia, puentes, trastes, cordales y mecanismos de afinación.

El aumento de la afición por la música exigió la creación de espacios más amplios para la ejecución de conciertos, por lo que los instrumentos requirieron de una caja de resonancia de mayores dimensiones para obtener un volumen más alto, lo que los hacía incómodos para transportar y ejecutar. La variación del volumen era mínima.

A principios de siglo, los centros nocturnos se convirtieron en lugares cada vez más populares y la necesidad de un mayor volumen aumentaba, se encontró una respuesta con los primeros

experimentos de sistemas de amplificación eléctricos, micrófonos, amplificadores, altavoces y pastillas magnéticas, hasta llegar a la guitarra eléctrica.

## TIPOS DE GUITARRAS

Todas las guitarras acústicas tienen 21 trastes y 6 cuerdas. Su longitud de cuerda varía muy poco según su clasificación de concierto o estudio, siendo el promedio de 64.5 cm. Una cuerda más larga no tiene como consecuencia más trastes, sino trastes más largos.

La primera gran clasificación de guitarras es:

Guitarras acústicas y guitarras eléctricas.

Las guitarras acústicas se dividen en:

- Guitarras clásicas.
- Guitarras de flamenco.
- Requintos.
- Guitarras acústicas de cuerdas de acero.
- Guitarras de tapas arqueadas.

Esta clasificación es en base a pequeñas diferencias formales, dimensionales y estructurales.

Las guitarras eléctricas se dividen en:

- Guitarras eléctricas de caja hueca.
- Guitarras eléctricas semisólidas.
- Guitarras eléctricas de cuerpo macizo.
- Guitarras bajo.

Las guitarras electricas pueden tener de 21 a 24 trastes.

En ambas familias se han manejado 12 cuerdas, colocadas por pares, donde los dos primeros pares se afinan al unisono, y en los cuatro restantes, las dos cuerdas dan la misma nota pero con una octava de diferencia. El resultado es un sonido mas suave y armonico, pero su ejecucion requiere de dedos mas fuertes y generalmente solo se utiliza como acompanamiento.

A principios de esta decada se lanzo al mercado una version de la guitarra electroacustica, con caja de resonancia de plastico reforzado y una pastilla magnetica colocada en su interior. Este es un instrumento con el mismo concepto que las guitarras a principios de siglo, que renace a partir de un gran estudio de acustica y de materiales, asi como de los adelantos en calidad de pastillas magneticas.

## GUITARRAS ELECTRICAS

La guitarra eléctrica, como la guitarra acústica de cuerdas de acero, tuvo su origen en Estados Unidos. El rasgo distintivo de todas las guitarras eléctricas es la pastilla magnética, una unidad fonocaptora que convierte el sonido del instrumento o la vibración de las cuerdas en una señal eléctrica. Esta señal pasa a un amplificador, y se vuelve a transformar en sonido en un altavoz.

Los nombres clave en la evolución de la moderna guitarra de caja maciza son Lloyd Loar, Adolph Rickenbacker, Leo Fender y Les Paul. Gran parte del trabajo experimental se realizó en las compañías Fender y Gibson, que siguen dominando el mercado. En los últimos años, los japoneses y otros fabricantes orientales han inundado el mercado con guitarras económicas que dan excelentes resultados. Las mejores de ellas ofrecen una combinación de calidad y bajo precio que han transformado a la industria.

La historia de la guitarra "electro-acústica" comenzó con Lloyd Loar, quien entre 1920 y 1924 trabajó para Gibson, y experimentó con varios prototipos de pastillas. Pero Loar dejó a Gibson para fundar su propia compañía.

En los años treinta, la compañía Rowe-DeArmond empezó a fabricar la primera pastilla magnética comercial.

En 1946, Fender fundó la Fender Electric Instrument Company y en 1948, lanzó la legendaria Fender Broadcaster, el primer experimento de guitarra de cuerpo macizo y que resultó ser todo un éxito.

## ANATOMIA DE LA GUITARRA ELECTRICA

La guitarra eléctrica de cuerpo macizo se desarrolló a partir de las primeras guitarras acústicas amplificadas, a las que se les acoplaba una pastilla. Como muchas otras innovaciones en la historia de la guitarra, esta fue una consecuencia del intento de conseguir más volumen.

El corazón de la guitarra eléctrica de caja maciza es la pastilla magnética, que responde directamente a la vibración de las cuerdas para transformar esta energía en impulsos eléctricos. Para poder hacer esto eficazmente, la pastilla debe ser lo más estable posible, y no la deben perturbar las vibraciones de la caja. Cuando se acopla una pastilla a la caja de resonancia de una guitarra acústica, surgen dos problemas: la pastilla se mueve al vibrar la caja ó se produce una retroalimentación en el altavoz. En las guitarras eléctricas la solución consiste en aumentar la masa del cuerpo de la guitarra, reduciendo así su capacidad de recibir y transmitir vibraciones. En la práctica se ha descubierto que mientras más sólido y denso sea el cuerpo, el problema es más manejable.

La guitarra de cuerpo macizo permite mucho más variedad de diseño que la de caja acústica. Una guitarra acústica tiene que estar construida dentro de ciertos parámetros para producir un tono aceptable y suficiente volumen. Pero una guitarra eléctrica, mientras el cuerpo sujete establemente a la pastilla, resista la tensión de las cuerdas y pueda acomodar los componentes restantes, la forma sólo está limitada por criterios prácticos y por el alcance de la imaginación del diseñador.

En la construcción de guitarras eléctricas suelen emplearse maderas bien curadas o secadas en horno y maderas laminadas. También se han empleado con éxito otros materiales como la guitarra de acrílico de Dan Armstrong.

## LA GUITARRA-BAJO

A finales de los cuarenta, la amplificación había alcanzado un papel preponderante en la música popular. Los principales elementos de la marcha hacia una música más fuerte fueron los amplificadores, los juegos de voces, las pastillas magnéticas y la guitarra Fender Telecaster.

Algunos contrabajistas acoplaron pastillas a sus instrumentos y los amplificaron con amplificadores adaptados. Otros siguieron el ejemplo de Les Paul y tocaban líneas de bajo en las cuerdas bajas de una guitarra eléctrica.

Fue Leo Fender quien concibió la idea de un bajo de cuerpo macizo. Se daba cuenta de los problemas de los contrabajistas y estaba seguro de que preferirían un instrumento menos voluminoso y más manejable, y así, en 1950, empezó a trabajar en un prototipo de guitarra de bajos. Pensaba, además, que así también los guitarristas podrían tocar el bajo en caso necesario.

Las cuerdas del bajo están afinadas Mi, La, Re, y Sol, como las últimas cuatro cuerdas de la guitarra, pero una octava más bajas. Esto significa que todos los bajos necesitan mayor "longitud de escala" y, en consecuencia, un mástil más largo y más fuerte.

El primer bajo eléctrico de cuerpo macizo, el Fender Precision, se empezó a producir en 1951. El nombre aludía a que el diapasón tenía trastes, a diferencia del contrabajo que no los tiene, y eso permitía tocar notas "con precisión".

En 1953 apareció la respuesta de Gibson al Fender Precision. Se llamó EB-1, pero debido a su forma se hizo famoso como el "bajo-violín", y que popularizó Paul McCartney en los primeros años de

los Beatles.

Otro fabricante importante de bajos fue Rickenbacker.

En los años setenta, la compañía americana Alembic se colocó en los primeros puestos de fabricantes de bajos. Sus guitarras son muy caras ya que están hechas a mano con los más altos criterios de calidad en materiales y componentes. Stanley Clarke es uno de los músicos que más han contribuido a popularizar los bajos Alembic.

La historia de los bajos japoneses es idéntica a la de las guitarras, de las que se han producido copias baratas de los modelos Fender y Gibson. Actualmente las marcas Aria, Yamaha e Ibanez producen sus propios modelos con excelente calidad.

## COMPONENTES DEL INSTRUMENTO

Funcionalmente está constituido por medios, sistemas, mecanismos.

### MEDIOS.

#### -Cuerpo.

Cuerpo rígido donde están contenidos los sistemas y mecanismos de sujeción de cuerdas. El cuerpo es el lugar donde se determina el ritmo, intensidad, silencio, volumen y tono al utilizar el instrumento. En el caso de instrumentos electromecánicos, la acústica no es determinante ya que poseen pastillas magnéticas que captan la vibración de las cuerdas, esta señal es interpretada como sonido en el amplificador.

Generalmente el cuerpo del instrumento es el que determina el atractivo para el usuario de acuerdo al impacto visual provocado por la forma y acabados. La mayoría de las formas manejadas en la actualidad siguen los patrones establecidos por la moda de los años 50 y 60.

El material más utilizado son las maderas sólidas, bien tratadas y con buenos acabados, esto es con el objetivo de alcanzar la mayor solidez del cuerpo para que éste no absorba la vibración de las cuerdas.

Algunas marcas productoras de guitarras utilizan aglomerados, teniendo como resultado un instrumento de menor calidad, más pesado y con malos acabados.

Actualmente se ha experimentado substituir la madera por otros materiales como resinas acrílicas, plásticos y fibra de carbono.

-Brazo.

Medio rígido más resistente que el cuerpo. Su longitud está determinada por la medida de 21, hasta 24 en algunos casos, trastes proporcionales a la longitud de cuerda.

El brazo es el medio que prácticamente resiste toda la tensión de las cuerdas por lo que se utilizan maderas rígidas con las fibras en sentido longitudinal. Para obtener mayor rigidez se refuerza con una varilla de acero por su interior y a todo lo largo del brazo. Esta varilla es curva en sentido contrario a la flexión producida por la tensión de las cuerdas. Está fija en un extremo del brazo, al otro extremo tiene un sistema de tornillo para tensar ó atlojar la varilla en caso de ajuste.

El diapasón, ubicado en la parte frontal del brazo, contiene los trastes repartidos proporcionalmente en base a una escala logarítmica.

En la parte superior se encuentra la cabeza, que contiene la maquinaria ó mecanismo de afinación.

Generalmente el brazo está hecho en madera de maple.

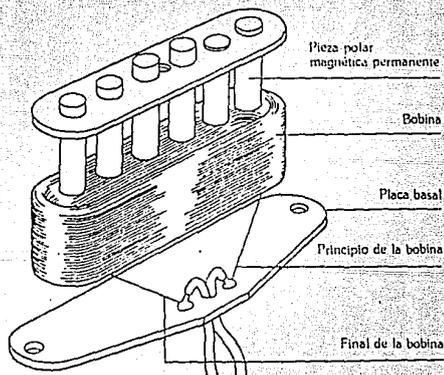
## SISTEMAS.

-Pastilla magnética:

Está formada principalmente por una barra magnética alrededor de la cual se enrolla un hilo de cobre aislado, en varios miles de vueltas. Esto constituye una bobina eléctrica. El imán genera un campo magnético a su alrededor, y la pastilla se monta de manera que las cuerdas de la guitarra pasan por dicho campo, como las cuerdas son de acero, interfieren con el éste. Si están

inmóviles, el campo se mantiene de forma regular, pero al pulsar la cuerda, su movimiento altera la forma del campo, generando en la bobina pequeñas pulsaciones de energía eléctrica. Si se conecta la bobina a un amplificador, estas pulsaciones se envían en forma de corriente alterna, se interpreta la señal y se manda a la bocina obteniéndose el sonido.

Las guitarras eléctricas pueden tener una, dos o tres pastillas, por medio de controles de selección, volumen y tono, se puede obtener cualquier combinación de estas para conseguir diferentes sonidos. La pastilla más cercana al centro de las cuerdas sirve para los ritmos, y tiene un sonido más suave que el de la pastilla más cercana al puente, que es más agudo y cortante.



## -Controles de volumen y tono.

La señal generada por la bobina de la pastilla se puede controlar antes de que llegue al amplificador con los controles de volumen y tono. Ambos están intercalados entre la pastilla y la salida de la guitarra.

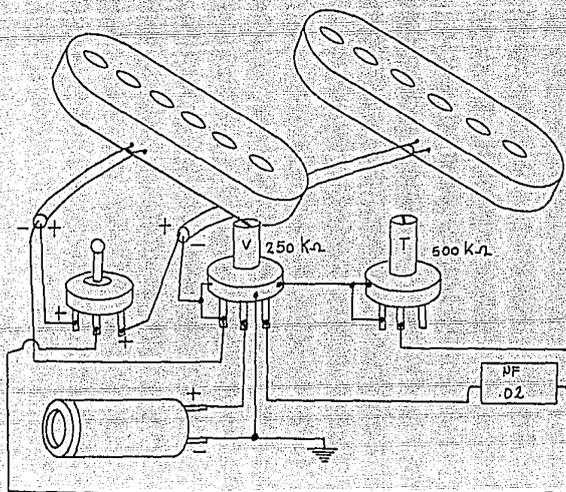
El control de volumen puede modificar la salida por medio de una resistencia variable, conocida como potenciómetro. Este aumenta o reduce el voltaje que pasa al amplificador.

La mayoría de los controles de tono son una combinación de un potenciómetro y un condensador, que funcionan interviniendo las frecuencias más altas y enviándolas a tierra. El condensador actúa a manera de filtro. Las frecuencias altas (agudos) pasan a través de él, y las bajas no pasan.

El potenciómetro determina la cantidad de frecuencias altas que se envían a tierra.

Cuando el control de tono se coloca al máximo de agudos, se envía al amplificador la señal completa generada por la pastilla.

Al ir girando el botón, el condensador va filtrando cada vez más las frecuencias agudas, obteniéndose los tonos graves.



## MECANISMOS.

-Mecanismos de sujeción y de afinación de cuerdas.

Las cuerdas de guitarra y bajo eléctricos tienen en uno de sus extremos una pequeña argolla metálica, esto es con el fin de sujetar la cuerda, haciéndola pasar por un orificio, generalmente en la parte posterior del instrumento, pasando a través de éste hacia el frente. El otro extremo de la cuerda se sujeta a la maquinaria de afinación, ubicada en la cabeza de la guitarra.

Estos mecanismos consisten en un cilindro, con un orificio en sentido transversal, un sistema de engrane y tornillo "sin fin", y una llave. La cuerda se introduce en el orificio y se enrolla el sobrante en el cilindro al girar la llave.

Los instrumentos "sin cabeza" tienen la maquinaria de afinación en la parte inferior del cuerpo. En este caso se necesita un juego de cuerdas con una argolla en cada extremo, estas cuerdas tienen el largo exacto por lo que no hay sobrante.

En el extremo superior del mástil se encuentra una pieza con ranuras para introducir la cuerda y sujetar el anillo en un pequeño orificio. El otro extremo se sujeta a la maquinaria de afinación, que consiste en una caja con seis, o cuatro, piezas metálicas que deslizan independientes. La caja también desliza hacia adelante o atrás por medio de un tornillo. Estas piezas también están ranuradas, con un orificio para sujetar al anillo y tienen un pequeño tornillo al otro extremo.

Se sujetan las cuerdas y se desliza la caja por medio del tornillo para tensarlas, posteriormente se da el tono a cada cuerda con los tornillos pequeños.

-Mecanismo de ajuste de longitud y altura de cuerdas.

Como se ha explicado en el capítulo de VIBRACION DE UNA CUERDA Y ARMONICOS, la relacion entre la longitud de cuerda y la ubicacion de trastes es fundamental para obtener tonos "reales".

El doceavo traste debe estar exactamente a la mitad de la cuerda por lo que es indispensable tener un mecanismo para poder hacer coincidir estos puntos. Esto se soluciona deslizando el puente, que es el punto donde la cuerda esta fija y no vibra, hacia adelante o hacia atrás. Existen mecanismos complicados y los mejores son los que permiten el ajuste independiente de cada cuerda.

También se requiere de un mecanismo para ajuste de altura de cuerdas. La altura de las cuerdas determina hasta qué punto es cómodo tocar el instrumento, ya que influye en la presión necesaria que hay que ejercer para tocarlas. Existen puntos a favor y en contra en cada caso, y la decisión debe tomarla el usuario.

Las cuerdas altas dan más volumen y tienen mejor calidad tonal por lo que son ideales para guitarra ritmica pero son más difíciles de digitar y de hacer escalas rápidas, ya que requieren de mayor presión.

Las cuerdas bajas resultan más fáciles de digitar y de hacer escalas rápidas pero dan menos volumen, peligran de golpear con los trastes y su calidad tonal puede verse ligeramente afectada.

-Mecanismo de ajuste de altura de pastillas.

La pastilla magnética requiere de un mecanismo que le permita

regular su altura. es decir. la distancia entre esta y las cuerdas.

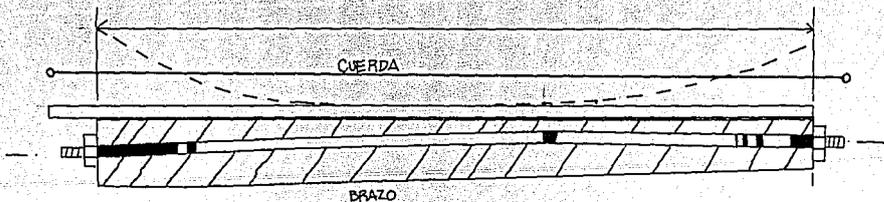
Este mecanismo consiste en un tornillo en cada extremo de la pastilla y un resorte por la parte posterior de la tapa. Al apretar el tornillo. la pastilla sube acercandose a las cuerdas. al aflojar. el resorte la empuja hacia abajo.

Una pastilla cerca de las cuerdas produce un sonido con mayor volumen y potencia. al alejarse. se obtiene un sonido más suave. ideal para acompañamiento.

El hecho de tener un tornillo en cada extremo de la pastilla permite elevarla más de un lado que del otro. dando así más importancia a las cuerdas graves o las agudas.

#### Mecanismo de ajuste del brazo.

El brazo tiende a deformarse debido a la tensión de las cuerdas y está reforzado en su interior por una varilla de acero fija en un extremo y con cuerda y tuerca en el otro. La varilla es curva en sentido contrario a la deformación producida, al apretar o aflojar la tuerca se corrige la curvatura del brazo.



## VIBRACION DE UNA CUERDA Y ARMONICOS

Los sonidos son vibraciones. Todos los instrumentos musicales, incluso los percusivos, generan ondas sonoras que viajan a ciertas frecuencias. Cuando la cuerda de una guitarra vibra, obliga al aire a su alrededor a moverse, creando una nota musical. El tono de la nota, medido en hertz, corresponde directamente a la frecuencia de la vibración.

Existen cuatro principios físicos importantes, formulados en 1636 por Pere Mersenne en su Armonia Universal, donde se aplica la relación entre la cuerda de un instrumento musical y la frecuencia.

1. Una cuerda larga vibra a un frecuencia más baja que una corta, siendo su tensión, diámetro y densidad iguales. Duplicando la longitud, el tono baja una octava.

2. La frecuencia, por lo tanto el tono, aumenta conforme al aumento de tensión. La frecuencia aumenta en proporción a la raíz cuadrada de la tensión; cuadruplicando la tensión, el tono aumenta una octava.

3. La frecuencia varía inversamente proporcional al diámetro de la cuerda; mientras más delgada sea una cuerda, más alto será el tono, siendo constantes las otras variables.

4. La frecuencia es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad de la cuerda.

### EL TONO FUNDAMENTAL

Teóricamente, cuando una cuerda anclada en sus extremos, llamados nodos, es pulsada bajo circunstancias ideales, vibra

entre ellos en una curva simple. El resultado es el tono más bajo que una cuerda puede producir y es llamado el fundamental.

La longitud de escala es un termino que indica la longitud total de la cuerda vibrando al aire y se mide desde el puente hasta la cejuela.



## ARMONICOS

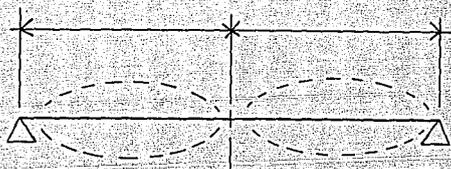
Una cuerda también puede vibrar en varias curvas que son múltiplos de el fundamental. Estos tonos son llamados armónicos. Los armónicos pueden ser separados del fundamental añadiendo nuevos nodos en varios puntos a lo largo de la cuerda, cambiando a la curva simple en curvas múltiples, siendo cada una de ellas una fracción del largo original de la cuerda ( $1/2$ ,  $1/4$ , etc.).

El armónico se obtiene tocando la cuerda en alguno de los puntos, sin presionar, pulsando y retirando inmediatamente el dedo de la cuerda.

## SEGUNDO ARMONICO

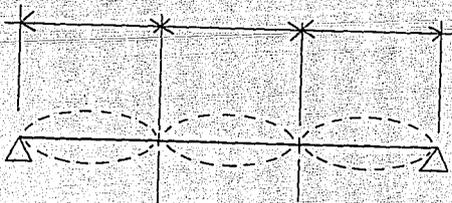
En teoría, el doceavo traste de cualquier guitarra, es la mitad de la cuerda entre sus nodos, mientras la posición del puente no

sea alterada. Cuando se añade un nodo en este punto, la vibración de la cuerda se divide en dos curvas iguales, siendo cada una de ellas la mitad de la longitud original. Vibrando a dos veces la frecuencia de la curva simple, se produce un armónico una octava más alto, llamado el segundo armónico del fundamental.



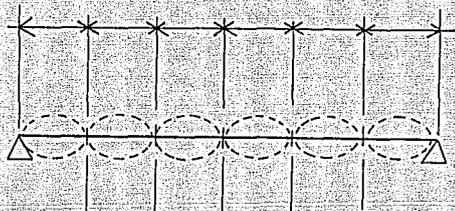
### TERCER ARMONICO

Un armónico creado a un tercio de la longitud escala (trastes 7 y 19) crea tres curvas. En esos puntos, los sobretonos de las cuerdas de la guitarra son iguales a los tonos en el traste 19, una octava y un quinto más alto que la cuerda libre. Estos armónicos vibran a tres veces la frecuencia del fundamental.



#### CUARTO ARMONICO

Un armónico creado a un cuarto de la longitud escala (trastes 5 y 24), dará como resultado cuatro curvas iguales produciendo un armónico dos octavas más alto que el fundamental y una octava más alto que el segundo armónico.



Dividiendo la longitud de escala de esta manera, se obtiene una infinidad de armónicos, alcanzando rápidamente tonos imposibles de percibir por el oído humano.

Para diseñar una guitarra, hay que considerar el comportamiento de la cuerda, ya que está ligado directamente a la ubicación de los trastes. El diapasón se divide en trastes a partir de una escala logarítmica en proporción a lo largo de la cuerda. Un bajo tiene cuerdas más largas, y más gruesas, que una guitarra, para producir sonidos más graves, y su diapasón está dividido en el mismo número de trastes, más largos pero con la misma relación a su longitud de cuerda. Con el mismo razonamiento que los armónicos, el doceavo traste mide la mitad que el primero, el treceavo corresponde a la mitad del segundo y así sucesivamente.

Existe también una relación entre el ancho del primer traste y

el del último; sus diagonales miden lo mismo. Esto facilita la digitación de las cuerdas, ya que al acercarse a los últimos trastes, las posiciones de la mano tienden a ser perpendiculares a las cuerdas y se requiere de un espacio mayor para los dedos.

En este punto las cuerdas están más separadas que en la cabeza.

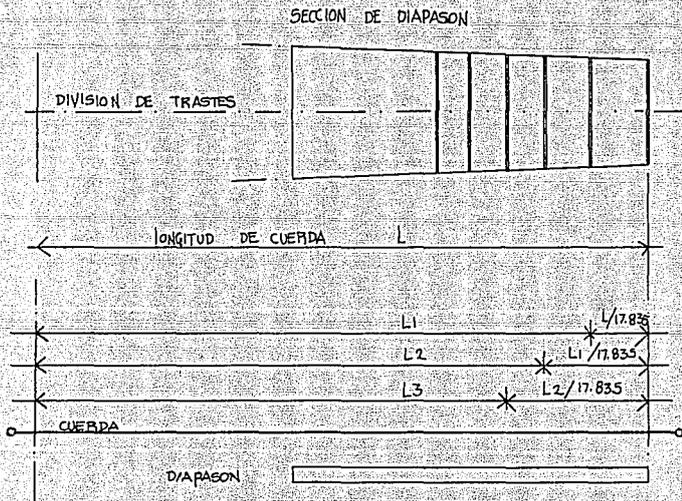
Antiguamente las cuerdas de guitarra se fabricaban de alambre o de tripa, llamadas "tripa de gato" aunque estaban confeccionadas con intestinos de oveja. Las cuerdas modernas se dividen en dos tipos básicos: de acero y de nylon. Las cuerdas de acero se utilizan en las guitarras eléctricas y en las guitarras acústicas con tapa de resonancia plana y curva; las cuerdas de nylon se utilizan en las guitarras clásicas y de flamenco.

La mayor parte de las guitarras tienen seis cuerdas, todas ellas de diferente calibre y cada una de ellas afinada en una nota diferente. De estas seis, la primera y la segunda son lisas, la cuarta, quinta y sexta son entorchadas y la tercera puede ser lisa o entorchada. Las cuatro cuerdas del bajo son entorchadas.

#### CALCULO DE LOS TRASTES

Las posiciones de los trastes se determinan mediante una fórmula llamada "la regla del dieciocho", aunque en términos estrictos se debería llamar "del 17.835". Primero se decide la longitud de escala total. Para determinar la distancia entre la cejuela y el primer traste, se divide la longitud de escala por 17.835. La distancia entre el primero y segundo traste se calcula dividiendo la longitud restante por 17.835, y se continúa con este procedimiento hasta el último traste. A veces surgen problemas

porque hay que redondear los cálculos pero existen comprobaciones que evitan los errores acumulativos. El 12º traste tiene que estar exactamente en el centro de la longitud de escala; el 7º tiene que estar exactamente a dos tercios de la distancia entre cejuela y el doceavo traste. Cuando se toca una nota en un traste, la tensión de la cuerda es mayor que si estuviera al aire, porque se tensa ligeramente. Si no se hace ninguna corrección, el aumento de tensión causara que cada nota en un traste mas alto sea más aguda. En tal caso, la entonación de la guitarra sera inadecuada.



## 5.-CONDICIONANTES DE MERCADO

Se realizó un sondeo para determinar la demanda de instrumentos musicales electromecánicos de cuerdas en el área metropolitana.

La zona de venta de instrumentos musicales se concentra en el centro de la ciudad donde existen aproximadamente veinte locales.

La demanda promedio de esta zona es de ochocientos instrumentos al mes. El precio de los instrumentos varia de \$750,000 hasta \$5'000,000, siendo los mas vendidos los de \$900,000 a \$1'200,000.

Los principales consumidores son los jóvenes y músicos principiantes, los músicos profesionales son consumidores de temporada, generalmente fin de año.

MARCA	MODELO	PRECIO	COMPRADOR
STEINBERGER	GL21-GR	\$2,500	MUSICO PROFESIONAL
GIBSON	LES PAUL	\$1,299	MUSICO PROFESIONAL
GIBSON	EXPLORER	\$1,049	MUSICO PROFESIONAL
FENDER	STRATOCASTER	\$1,000	MUSICO PROFESIONAL
ROLAND	G-303	\$930	PROFESIONAL-AMATEUR
ROLAND	G-505	\$925	PROFESIONAL-AMATEUR
IBANEZ	AR-300	\$920	PROFESIONAL-AMATEUR
ARIA	PRO II	\$850	PROFESIONAL-AMATEUR
YAMAHA	SR 700	\$600	PROFESIONAL-AMATEUR
TOKAI	ST-50	\$450	AMATEUR
MAJESTIC	MC-20	\$300	AMATEUR
RAMIREZ	----	\$250	AMATEUR
CASIO	----	\$350	INFANTIL

## 5.1.- DEFINICION DE REQUERIMIENTOS

Para el desarrollo y diseño de un instrumento musical electromecánico de cuerdas se realizó un estudio previo de las principales marcas productoras de instrumentos nacionales e internacionales, con el fin de definir los elementos, partes y características más importantes de una guitarra y bajo eléctrico.

El muestreo y observación de estos instrumentos se resume a una clasificación de necesidades, como requerimientos generales en el diseño de un instrumento musical electromecánico de cuerdas.

Esta clasificación se divide:

- Requerimientos técnicos y funcionales.
- Requerimientos ergonómicos.
- Requerimientos sociales y económicos.
- Requerimientos estéticos.

## REQUERIMIENTOS TECNICOS

Las guitarras y bajos eléctricos de mayor consumo en el mercado están constituidas técnicamente por los siguientes componentes:

### A) Elementos mecánicos.

- 1.- Cuerpo
- 2.- Brazo
- 3.- Mecanismo de sujeción de cuerdas
- 4.- Mecanismo de ajuste de longitud de cuerda
- 5.- Mecanismos de ajuste de altura de cuerdas y pastillas
- 6.- Maquinaria de afinación
- 7.- Puentes y trastes
- 8.- Sujetadores de tahali

### B) Elementos electromecánicos.

- 1.- Pastillas magnéticas
- 2.- Controles de volumen y tono, conmutador y filtros
- 3.- Enchufe

## REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.

Funcionalmente una guitarra ó bajo eléctrico están constituidos principalmente por un cuerpo y un brazo ensamblados ó un cuerpo y un brazo en una sola pieza que actúa como estructura, donde se sujetan longitudinalmente seis cuerdas metálicas aceradas para la guitarra y cuatro, y en algunos casos cinco, para el bajo.

Esta estructura debe de resistir los esfuerzos mecánicos provocados por la tensión de las cuerdas.

El bajo eléctrico requiere de mayor resistencia en su estructura

ya que la deformación provocada por las cuerdas es mayor a la de la guitarra.

Las cuerdas del bajo son más gruesas y más largas, por tal característica el bajo produce sonidos más graves que la guitarra, sin embargo tiene el mismo número de trastes.

El brazo de la guitarra y bajo están compuestos por un mástil donde se apoya y desliza la palma de la mano a lo largo de él.

Un diapasón seccionado transversalmente por 21 hasta 24 trastes, según lo requiera.

#### REQUERIMIENTOS ERGONOMICOS.

Todo producto diseñado tiene relación directa con el funcionamiento, accesibilidad de uso y adecuación al cuerpo humano.

La ergonomía comprende el estudio de estas variables.

En el caso particular del diseño de una guitarra ó bajo eléctrico, donde se relaciona la función con la estética, se contemplan los siguientes requisitos:

- a) Ligereza, ya que el profesional y el usuario amateur de la música requieren de varias horas de estudio en contacto directo con el instrumento, por lo que el peso excesivo sostenido por medio del tahalí produce fatiga en la parte superior del tórax, hombros, cuello y espalda.
- b) El diseño del instrumento debe poseer dimensiones estandarizadas con base a estudios de movimiento de dedos, manos y brazos, así como de su rango de acción.
- c) Texturas suaves al tacto, en las partes donde las manos tienen

mayor contacto, principalmente en el brazo, diapason y cuerpo y evitando ángulos rectos, filos, etc.

Por el contrario, texturas rugosas en perillas y elementos que requieran de algún esfuerzo para su acción.

d) Mecanismos de mantenimiento accesible.

e) El diseño formal debe contemplar su transportación.

f) Las perillas de control de volumen, tono y conmutador de pastillas deben ubicarse en una posición cómoda y práctica para su acción.

g) La distancia entre cuerdas debe permitir su digitación.

h) Señalización en trastes y controles.

#### REQUERIMIENTOS SOCIALES Y ECONOMICOS.

Todo objeto de consumo se adapta a una serie de requerimientos y funciones específicas por las cuales fueron creados.

La fabricación, distribución y consumo de los productos que nos rodean generan cambios y transformaciones en la sociedad.

En el diseño de un instrumento musical, la estética y la economía son los factores encargados de generar un cambio cultural en la sociedad.

#### REQUERIMIENTOS ESTETICOS.

La estética se determina por medio de la armonía en las partes que comprenden un todo.

Un instrumento musical requiere del sentido del oído, de la vista y del tacto para poder apreciar su belleza. El oído es el sentido por el cual se aprecian la gama, claridad y fidelidad de

las notas y sonidos producidos por el instrumento, sin embargo el tacto y la vista son los sentidos que transmiten la atracción y la seducción del instrumento sobre el usuario, la imagen del ejecutante ante un público, y la apreciación y valoración de un instrumento personal.

La estética comprende el estudio de estos factores primordiales para la aceptación y consumo del producto.

En el diseño de un instrumento musical electromecánico de cuerdas se requiere estéticamente de la combinación de texturas, proporción en forma, movimiento, y color de acuerdo al estilo musical y moda correspondientes.

En este trabajo se presentará una forma básica, resultado de la aportación tecnológica. Esta forma será la expresión mínima del producto. Sobre ella se podrán realizar diferentes configuraciones, de acuerdo a las tendencias del mercado.

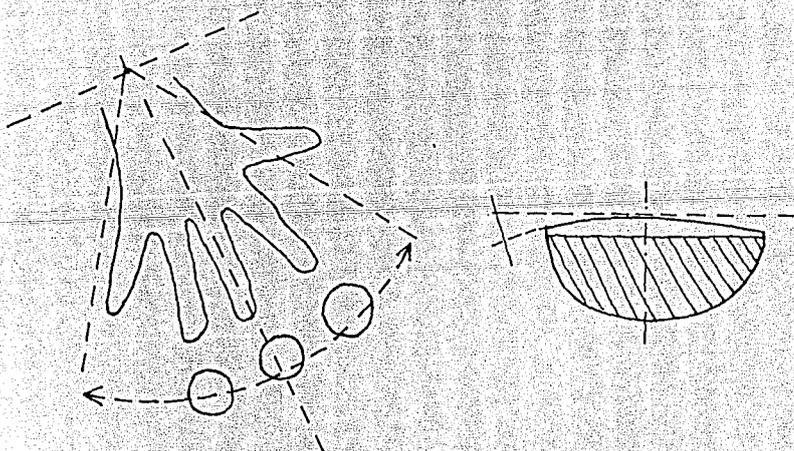
## 6.- CONDICIONANTES ERGONOMICAS

La guitarra eléctrica es uno de los instrumentos que tienen mayor relación con el cuerpo. El usuario, además de soportar todo el peso del instrumento, gran parte de su cuerpo está en contacto con él. Es necesario tener las manos libres, por lo que será importante considerar que la forma del instrumento se adapte al cuerpo del usuario. El peso del instrumento y su balanceo serán determinantes para su dominio.

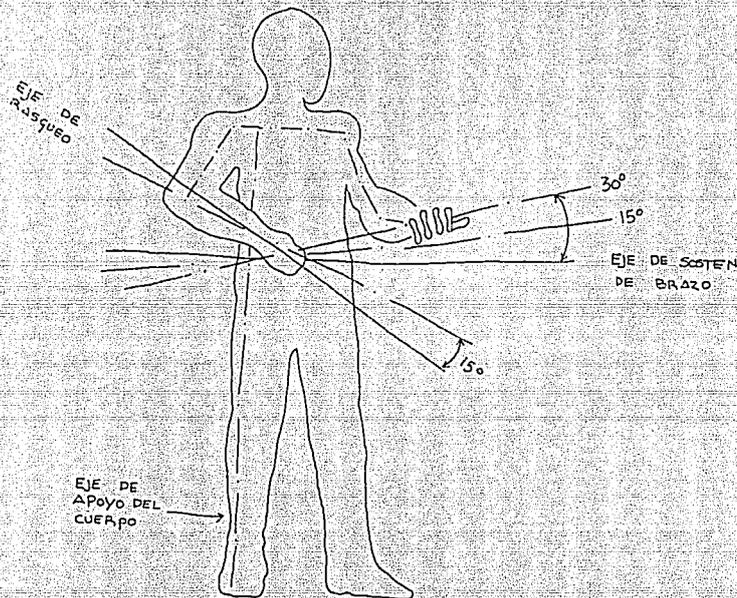
El brazo deberá ser delgado con una ligera curvatura en sentido transversal del diapason para facilitar la digitación y evitará fatiga en los dedos y muñeca.

Señalamientos en trastes facilitarán la ubicación de notas.

Los controles deberán situarse dentro del campo de acción de la mano que marca los ritmos sin obstruirlo, su tamaño y forma deberán permitir su manipulación con facilidad.



## POSTURA DE EJECUCION

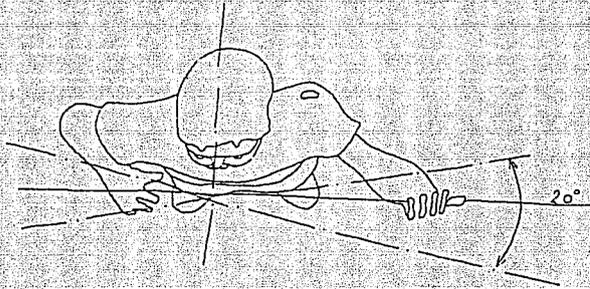


Posición que adquiere el usuario al utilizar el instrumento de pie.

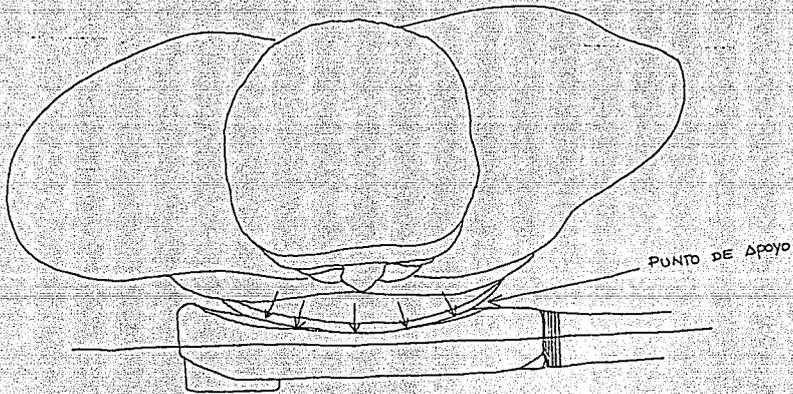
En esta posición, el usuario apoya el peso del cuerpo generalmente en una pierna, formándose un eje de apoyo a todo lo largo del cuerpo. La otra pierna se mantiene en relajamiento y con ella se puede controlar pedales de efectos.

El mástil forma un ángulo de 15 a 30 grados con respecto a la horizontal, el eje de giro del instrumento se encuentra a la altura del ombligo.

La mano derecha rasguea las cuerdas también a la altura del ombligo, y tiene un rango de movimiento de aproximadamente  $20^\circ$ , teniendo su eje de giro en codo.

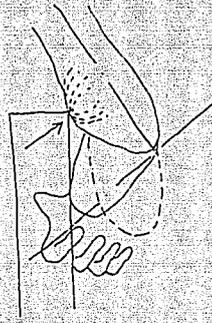


Angulo de giro en el punto de apoyo del instrumento con el cuerpo, al estar de pie.

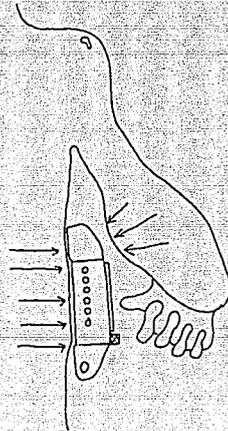


Ya que el cuerpo es un volumen formado por superficies de doble curvatura, se debe contemplar en el diseño del instrumento, una curvatura que proporcione más de un punto de apoyo entre ellos.

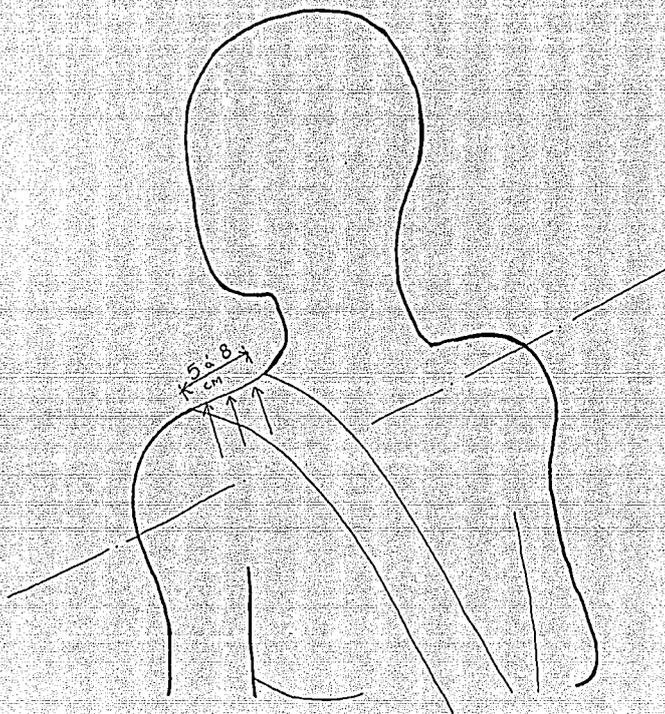
Se recomienda que el punto de apoyo del brazo con el instrumento sea sobre un plano. para evitar fatiga o adormecimiento.



INCORRECTO

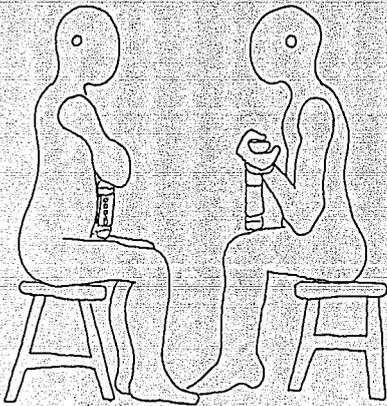
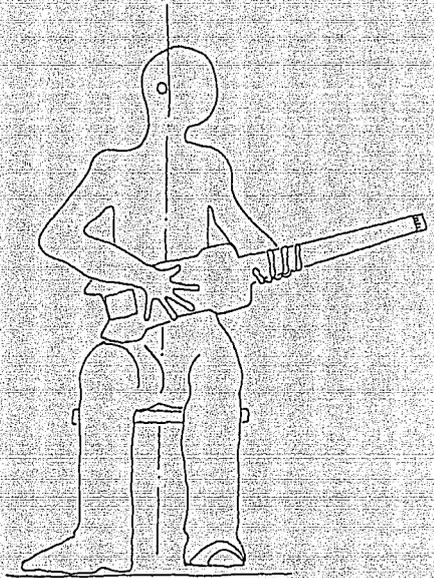


CORRECTO



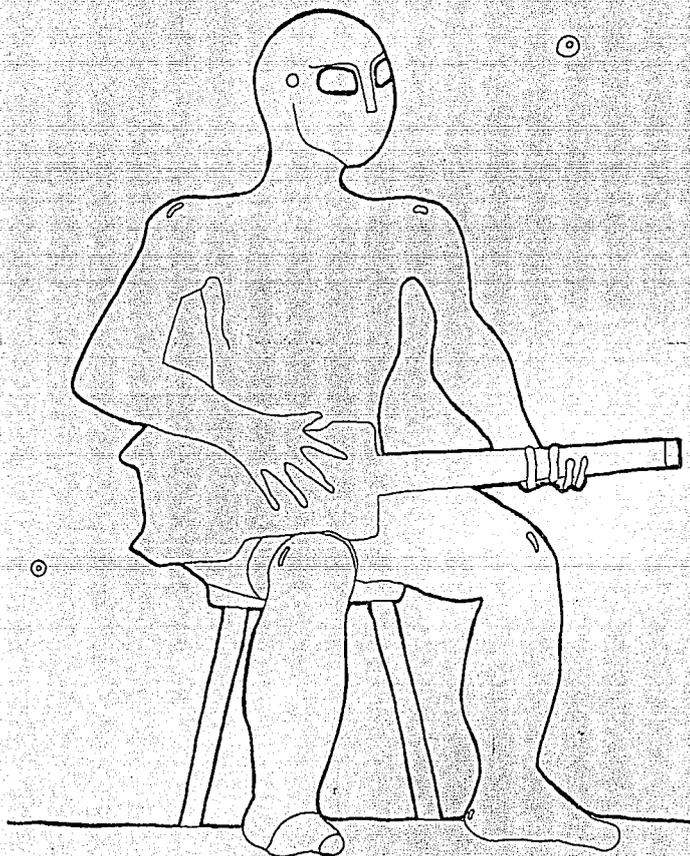
El tahali es una cinta que sujeta al instrumento apoyándose en el hombro y permite tener las manos libres. Este reparte el esfuerzo provocado por el peso del instrumento. Se recomienda la utilización de tahalis anchos (de 5 a 8 cm.), ya que el punto de apoyo es mayor, para disminuir la fatiga y hacer más cómoda la ejecución del instrumento.

Postura que adquiere comunmente el usuario al estar sentado.



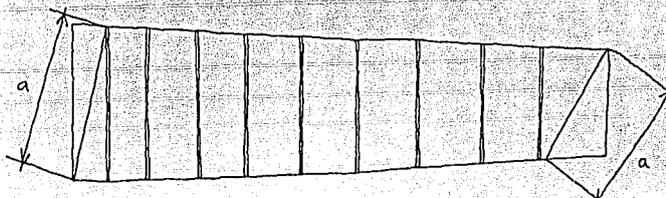
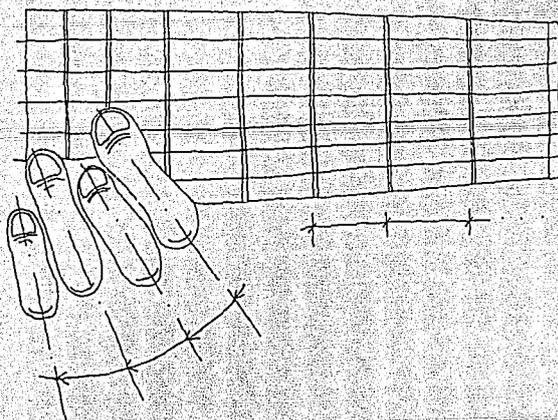
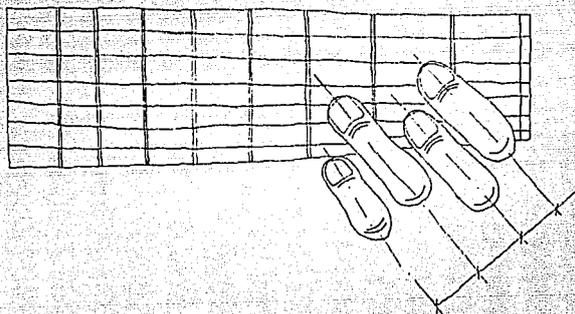
NOTA: Esta no es la posición clásica enseñada en las escuelas de música, pero sí la más utilizada en este tipo de instrumento.

El diseño contempla un corte en el canto del instrumento, en el punto de apoyo con la pierna, para evitar su deslizamiento y controlar su posición de ejecución.



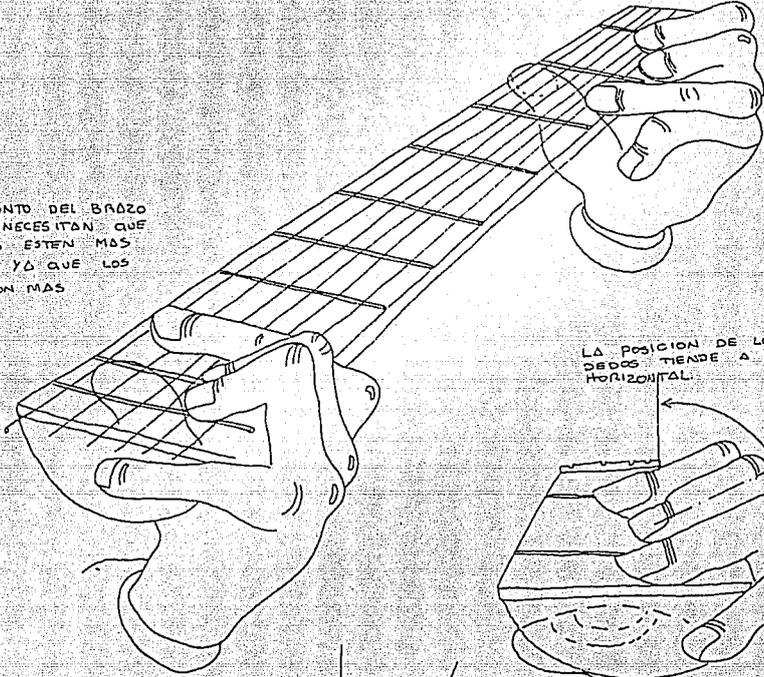
## RELACION ENTRE LOS TRASTES Y LAS POSICIONES DE LA MANO

Los primeros trastes son más largos que los últimos, debido a que son calculados en base a una escala logarítmica, y su diagonal mide lo mismo en todos. La forma del diapásón se debe a esta constante, y tiene como objetivo mantener constante el área de digitación conforme la longitud de los trastes disminuye.

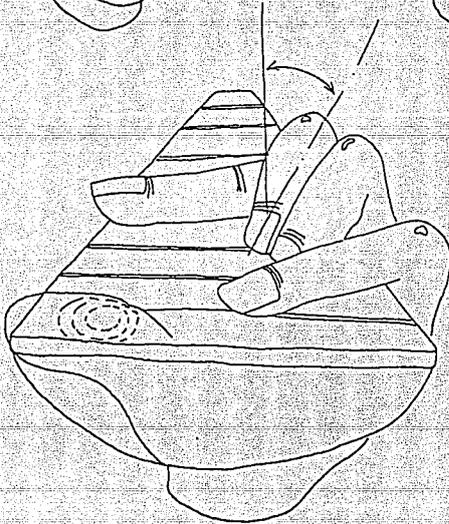
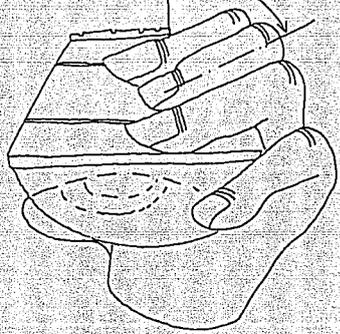


EN ESTE PUNTO LA MANO  
Y LOS DEDOS NECESITAN MENOR  
DISTANCIA ENTRE CUERDAS  
YA QUE HAY MAS AREA PARA PUNTEAR  
O TECLEAR LA CUERDA

EN ESTE PUNTO DEL BRAZO  
LOS DEDOS NECESITAN QUE  
LAS CUERDAS ESTEN MAS  
SEPARADAS, YA QUE LOS  
TADSTES SON MAS  
CORTOS.



LA POSICION DE LOS  
DEDOS TIENDE A SER  
HORIZONTAL.



## PERFIL DEL PRODUCTO

El objetivo primordial de este trabajo es la industrialización de instrumentos de cuerdas.

Los puntos más importantes serán los referentes a la producción y a la tecnología aplicada.

### PRODUCCION

Desarrollar una alternativa tecnológica con la cual se logre la producción de 150 guitarras mensuales con los estándares de calidad requeridos.

**TECNOLOGIA.-** Se propone un nuevo proceso de manufactura y la utilización de nuevos materiales en la fabricación de estos instrumentos, con la finalidad de simplificar los procesos existentes y reducir el tiempo de producción y costo, conservando la calidad del producto.

**FUNCION.-** El funcionamiento del instrumento se determina por la resistencia de una viga a la tensión de las cuerdas, y un soporte para el resto de los componentes conformando un cuerpo y determinando su forma, considerando la relación ergonómica que existe entre el usuario y el instrumento.

### ERGONOMIA.

Integración de la forma, la estética y la función del producto, optimizando la relación hombre objeto.

## ESTETICA

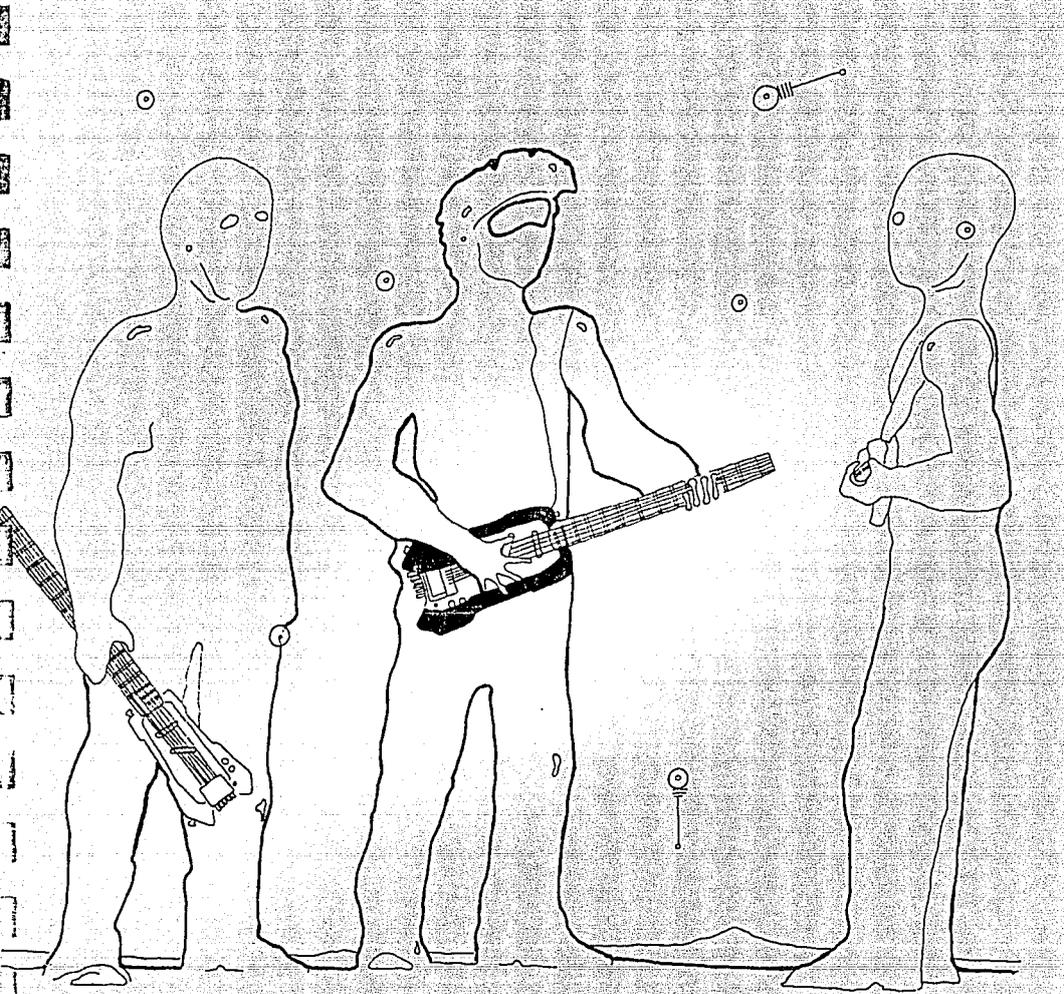
Se propondrá una configuración básica que responda únicamente a un ordenamiento de las partes para facilitar el uso del producto y que compruebe la tecnología.

CONFIGURATIVO.-Integración de los conceptos formales y estéticos, en un producto sencillo, pero elegante, donde la función determina la forma.

## COSTOS

El costo del producto se determina principalmente por el costo del material, los procesos de fabricación y su tiempo de producción.

Se propone la utilización de materiales de bajo costo, de fácil adquisición y procesos sencillos y ágiles para lograr un producto de calidad a buen precio de introducción al mercado.



DISERO PROPOSTO

## B.- EL PRODUCTO

El resultado es consecuencia de los estudios realizados, donde se analizaron los antecedentes históricos, tipos de guitarras y bajos eléctricos, necesidades básicas, materiales y procesos utilizados para la fabricación de instrumentos de cuerdas, estudio de mercado y definición del sector de la población al que se dirige el producto y a los resultados obtenidos de la investigación y experimentación de nuevos materiales y procesos de fabricación.

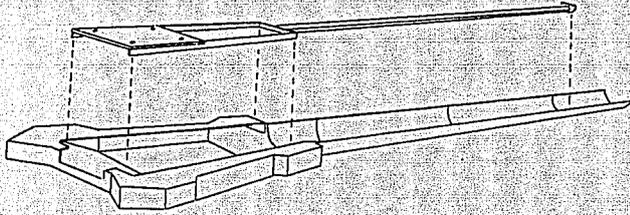
Producto: INSTRUMENTOS MUSICALES ELECTROMECAÑICOS DE CUERDAS.

Proyecto: GUITARRA Y BAJO.

Marca propuesta: DEX.

DEX está constituido principalmente por una estructura metálica (fig. 1) contenida en un solo elemento que integra al brazo y cuerpo de las guitarras tradicionales, conservando sus propiedades, fabricado en plástico reforzado con fibra de vidrio, y almacena en su interior a los mecanismos y componentes electromecánicos, que son la maquinaria de afinación (fig. 2), pastillas magnéticas, controles de tono y volumen, filtros y circuitos.

Fig. 1



Estructura metálica y cuerpo.

Fig. 2



Maquinaria de afinación.

## LISTA COMPARATIVA ENTRE LOS DISEÑOS DE GUITARRA Y BAJO

La guitarra y el bajo eléctrico propuestos surgen del mismo concepto, respetando las diferencias dimensionales y ergonómicas que requiere cada instrumento.

Los dos instrumentos estan constituidos principalmente por un brazo o mástil, de diferente longitud, diapason y trastes. Un soporte para sujetar las cuerdas. En el caso de la guitarra son 6 cuerdas aceradas de diferentes dimensiones diametrales, cada cuerda al vibrar libremente produce una nota: 6a-Mi, 5a-La, 4a-Re, 3a-Sol, 2a-Si, 1a-Mi.

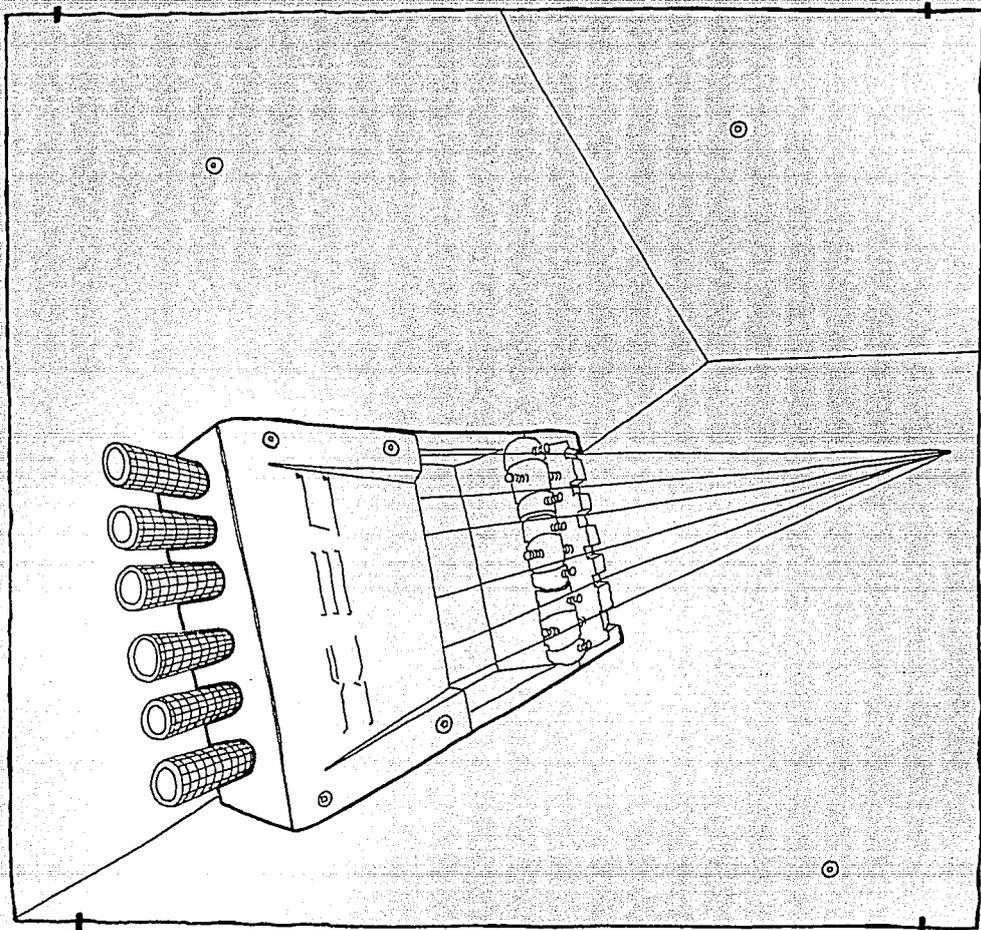
En el caso del bajo: 6a-Mi, 5a-La, 4a-Re, 3a-Sol, como las últimas cuatro cuerdas de la guitarra pero una octava más bajas, esto significa que el bajo requiere una mayor longitud de escala y en consecuencia, un mastil más largo.

Un cuerpo rigido que contiene a la maquinaria de afinación y los mecanismos de ajuste de longitud y altura de cada cuerda, la tapa o mica que soporta a las pastillas, los controles de volumen, tono y selector de pastillas, las clavijas para el tahali, y la clavija.

Se enlista a continuación las diferencias dimensionales entre la guitarra y el bajo eléctrico.

	GUITARRA	BAJO
-Ancho de mástil en el traste 0	42 mm.....	42 mm
-Ancho de mástil en el traste 21	56 mm .....	65 mm

-Espesor de brazo	25 mm	25 mm
-Espesor de cuerpo	35 mm	40 mm
-Ancho máximo del cuerpo	200 mm	200 mm
-Largo de cuerpo	300 mm	375 mm
-Largo de brazo	470 mm	660 mm
-Largo de cuerda	645 mm	870 mm
-Largo total	760 mm	980 mm
-Distancia entre cuerdas traste 0	6 mm	7 mm
-Distancia entre cuerdas (puente)	10 mm	13 mm
-Peso aproximado	2200 gr	2700 gr
-Número de trastes	22	22
-Distancia cuerda-traste (0)	1.5 mm	2 mm
-Distancia cuerda-puente	7 mm	9 mm



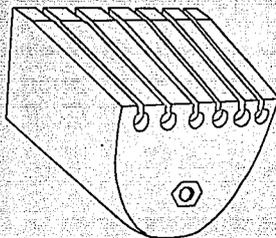
MAQUINARIA DE AFINACION

## FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINARIA DE AFINACION

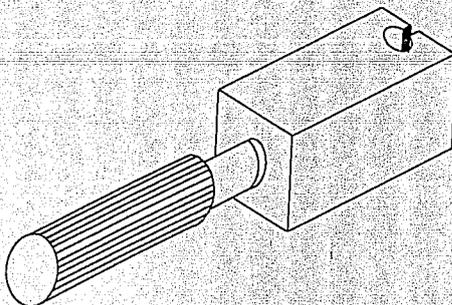
La maquinaria de afinación de DEX, se localiza en la parte inferior del cuerpo, eliminando así la cabeza en la parte superior del brazo. Este tipo de mecanismo utiliza una cuerda con una argolla en cada extremo, estos juegos de cuerdas se venden comercialmente.

Los mecanismos de ajuste de altura y longitud de cuerda están incluidos en la maquinaria.

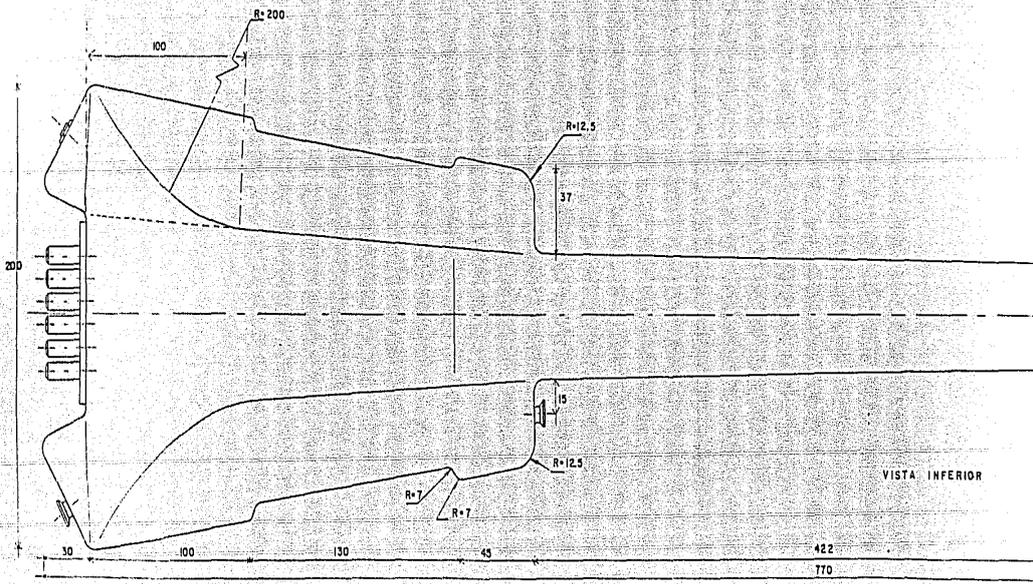
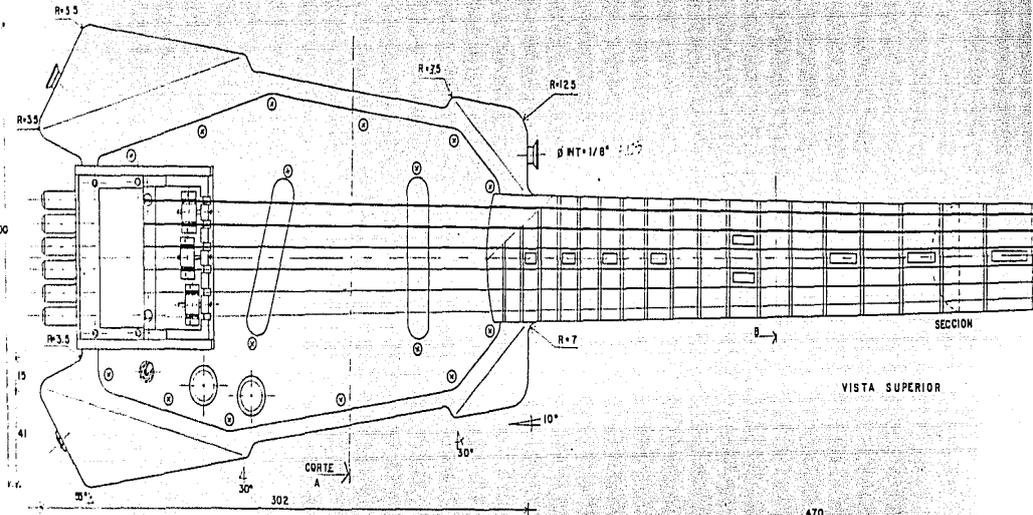
Se diseñó también un pequeño elemento en la parte superior del brazo para sujetar las cuerdas y para ajustar la deformación del brazo producida por la tensión de las cuerdas.

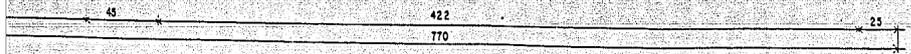
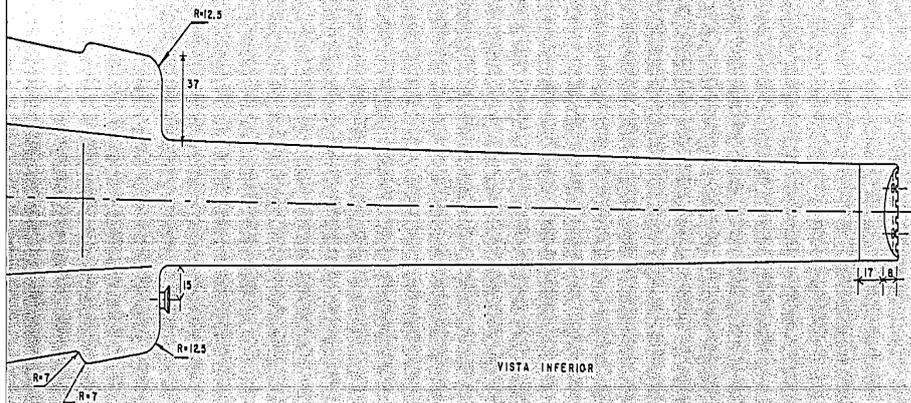
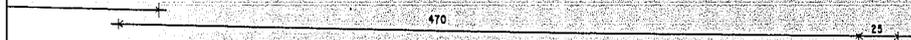
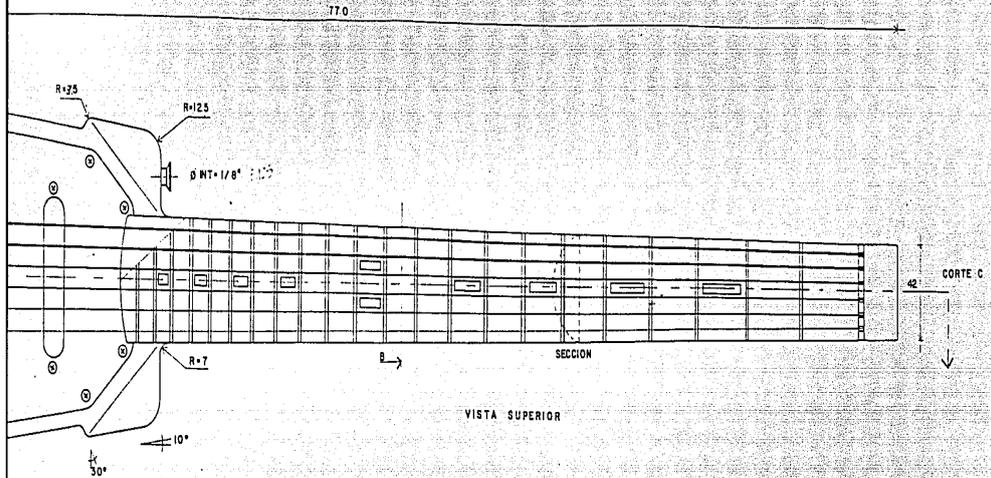


SUJECION DE CUERDAS EXTREMO SUPERIOR

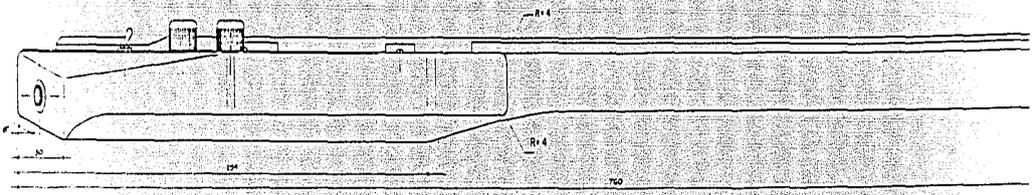


SUJECION DE CUERDAS EXTREMO INFERIOR

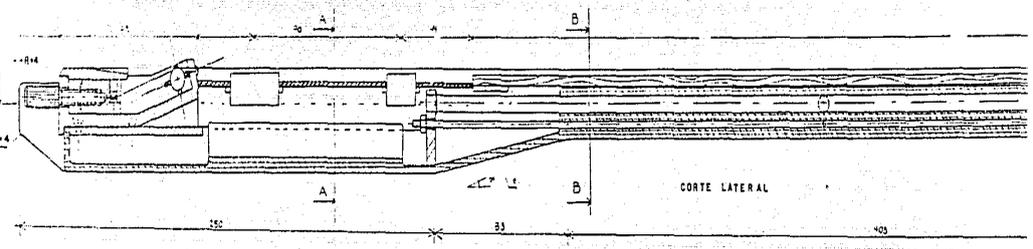




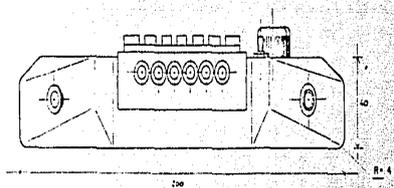
VISTAS GENERALES.



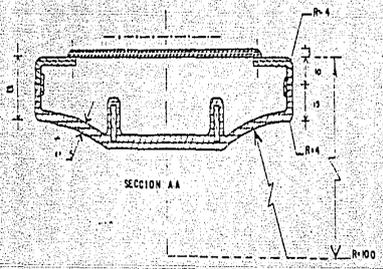
VISTA LATERAL



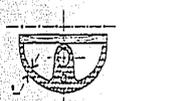
CORTE LATERAL



VISTA FRONTAL

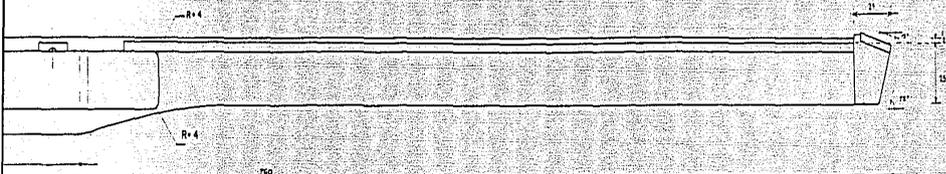


SECCION AA

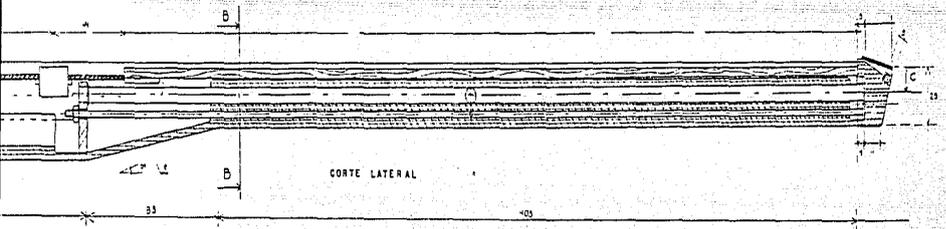


CORTE SECCION BB

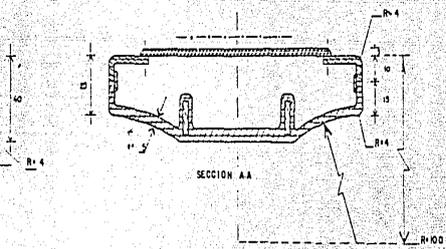
5 x 11 mm en 1/20 de video



VISTA LATERAL



CORTE LATERAL

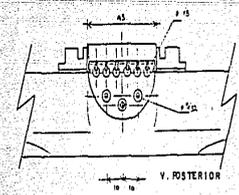


SECCION AA



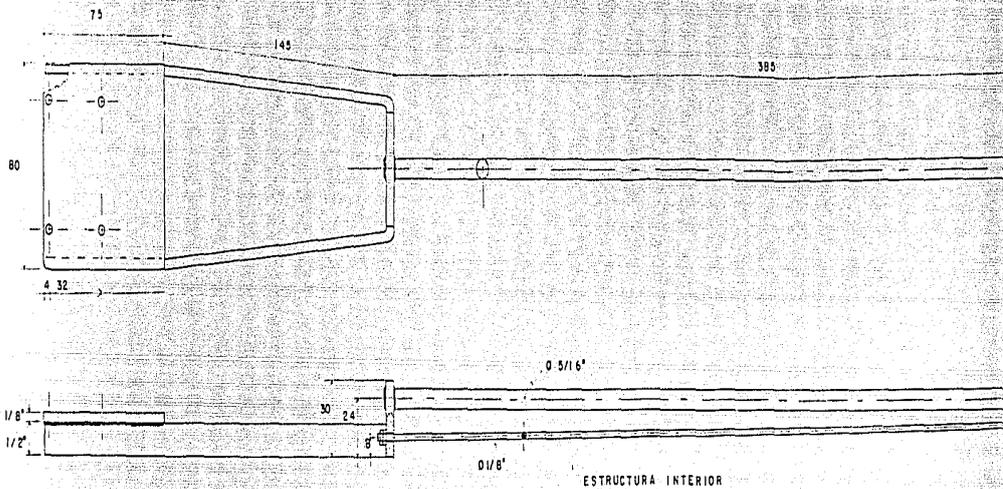
CORTE SECCION BB

S' esmeral en fibra de vidrio

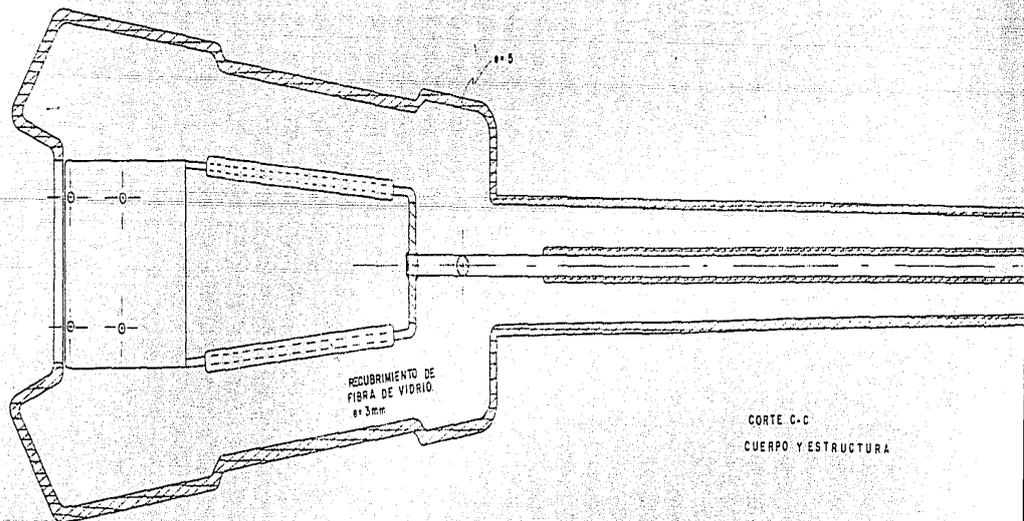


V. POSTERIOR

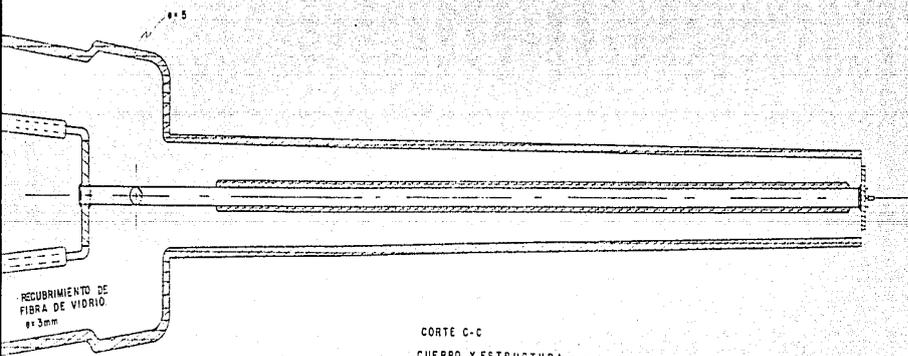
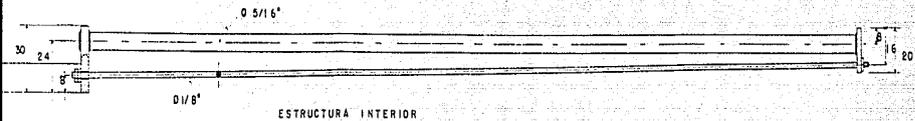
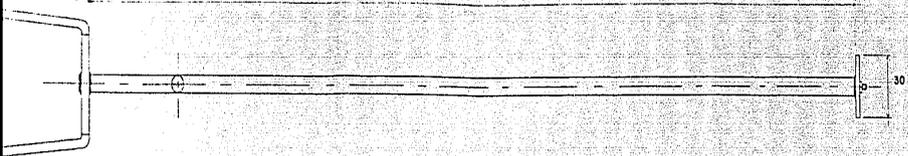
PROY	GUITARRA ELECTRICA DEK	PLANO
DISENO		
DISENO INDUSTRIAL	UNAM	
ESC	COTI	



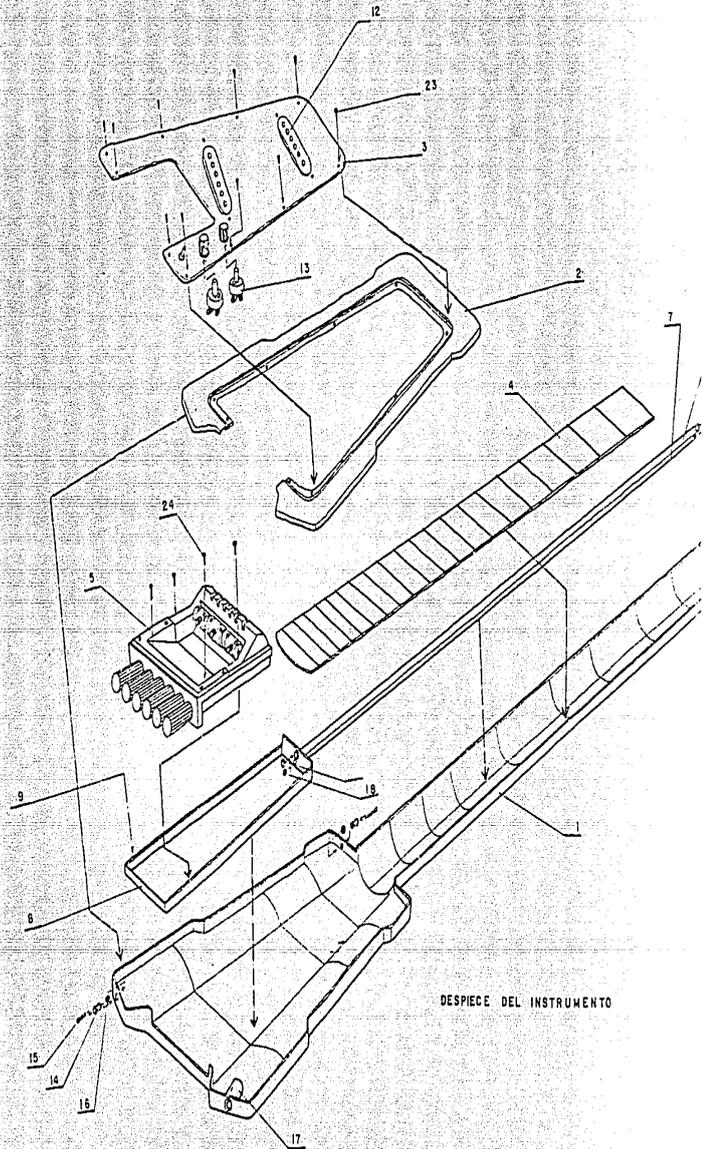
ESTRUCTURA INTERIOR



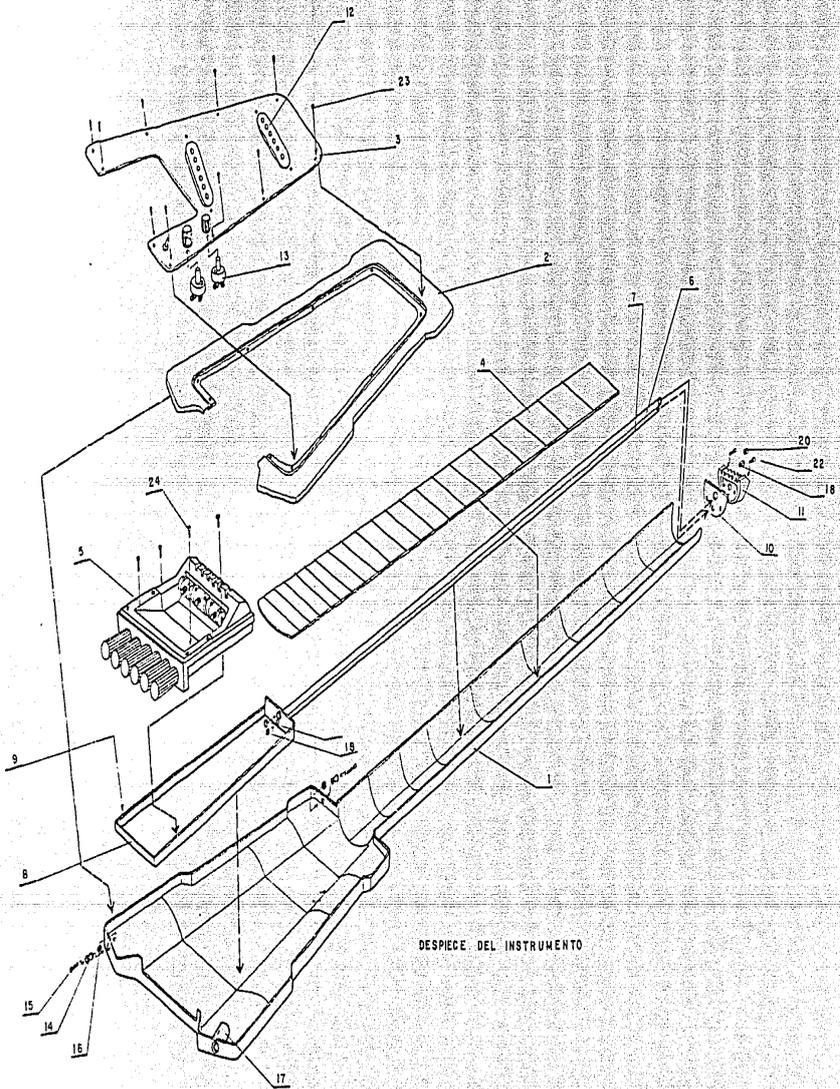
CORTE C-C  
CUERPO Y ESTRUCTURA



PROY.	PLANO
DISEÑO	
DISEÑO INDUSTRIAL	
REVISOR	



DESPIECE DEL INSTRUMENTO



DESPIECE DEL INSTRUMENTO

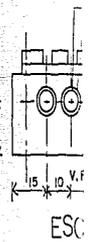
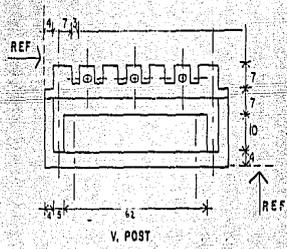
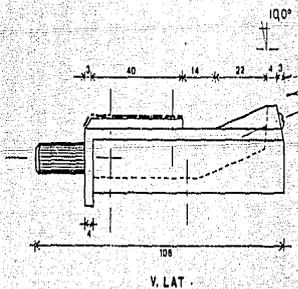
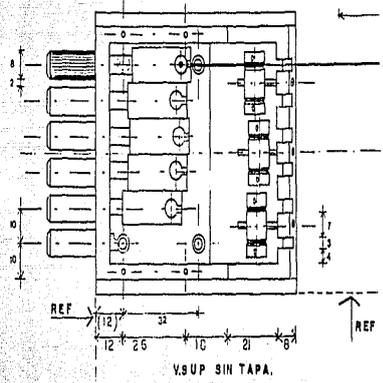
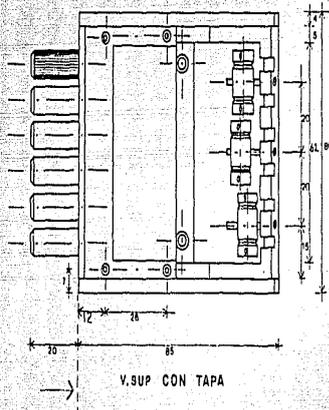
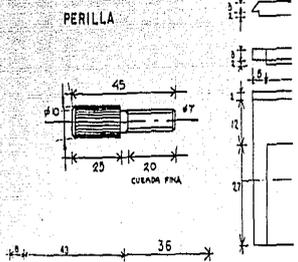
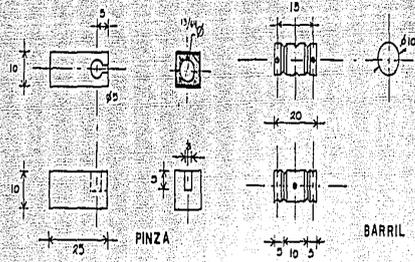
PROY.	GUITARRA ELECTRICA OES	PLANO
DISEÑO	DESIGN: OES	
	ALCANTARA HERRERA	
	DISEÑO INDUSTRIAL UNAW	
ESCALA	CO. 1:1	

TABLA DE ESPECIFICACIONES

No	CANT	NOMBRE	MATERIAL	DIMENSIONES	PROCESO	ACABADO
1	1	CUERPO	FIBRA DE VIDRIO	770 x 200 x 20	PRENSADO	INTEGRAL
2	1	TAPA		302 x 200 x 20		
3	1	MICA	CELULOSA 3 mm	272 x 180	LAMINADO	INTEGRAL
4	1	DIAPASON	MADERA GRANADILLA	470 x 56	MAQUINADO, PULIDO	NATURAL
5	1	MAQUINARIA	ALUMINIO	85 x 80 x 25	FUNDICION, MAQUINADO	PINTURA EPOXICA
6	1	ALMA DE BRAZO	ACERO COLD-ROLLED	5/16" x 50	MAQUINADO	
7	1	SENSOR BRAZO		1/8" x 50		
8	1	SOPORTE	SOLERA COLD-ROLLED	1/8" x 1/2" x 510	CORTE, DOBLEZ	INTEGRAL
9	1	BASE	PLACA COLD-ROLLED 1/8"	80 x 80	CORTE	
10	1	VERTEBRA		30 x 20	TROQUELADO	
11	1	CABEZA	LEXAN	40 x 40 x 40	INYECCION A PRESION	INTEGRAL
12	2	PASTILLAS	VARIOS	70 x 20 x 25		
14	2	PORTA TAHALI	ALUMINIO	10 x 15	MAQUINADO	ANODIZADO
15	2	PIJAS 1/8"	ACERO COLD-ROLLED	1/2"		CRONADO
16	2	TUERCAS		1/8"	PIEZA COMERCIAL	INTEGRAL
17	1	JACK HEMBRA	VARIOS	STD		VARIOS

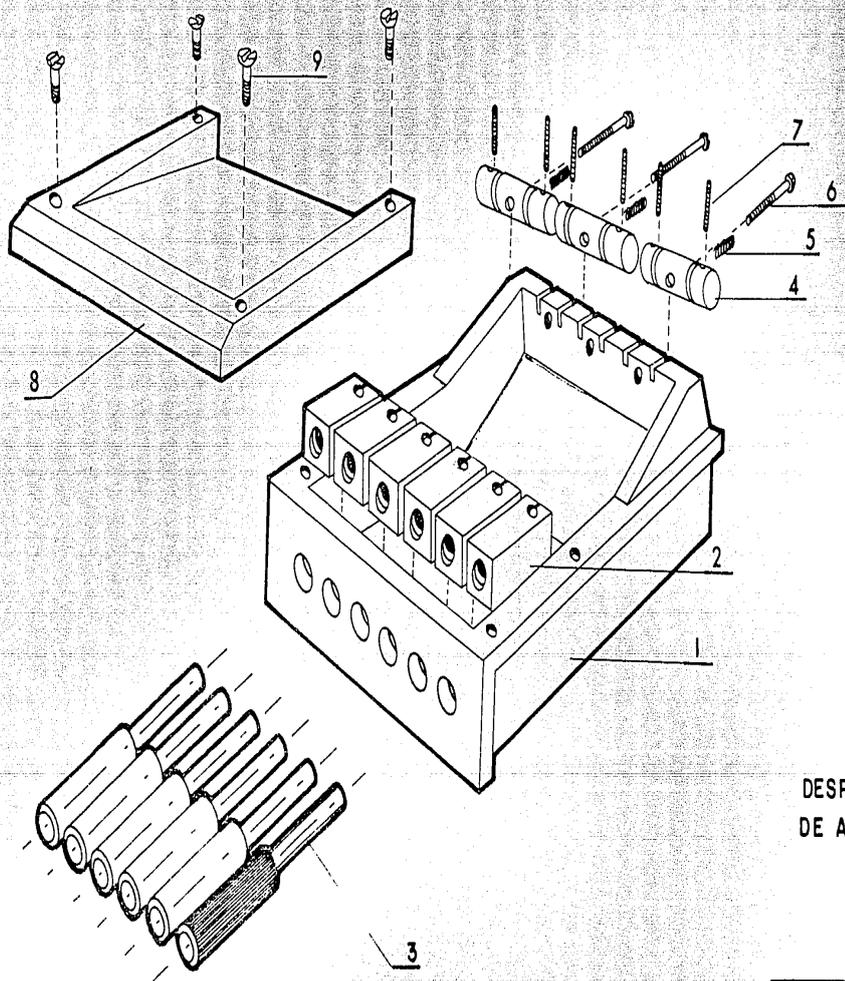
TABLA DE ESPECIFICACIONES

No	CANT	NOMBRE	MATERIAL	DIMENSIONES	PROCESO	ACABADO
18	2	TUERCA TENSOR	ACERO COLD-ROLLED	1/8"	PIEZA COMERCIAL	INTEGRAL
19	1	ALLEN 1/8"		1/4"		PAVONADO
20	7	PIJAS 1/8"		1/2"		CROMADO
21	4	ALLEN C/CONICA		3/16" x 1/4"		PAVONADO



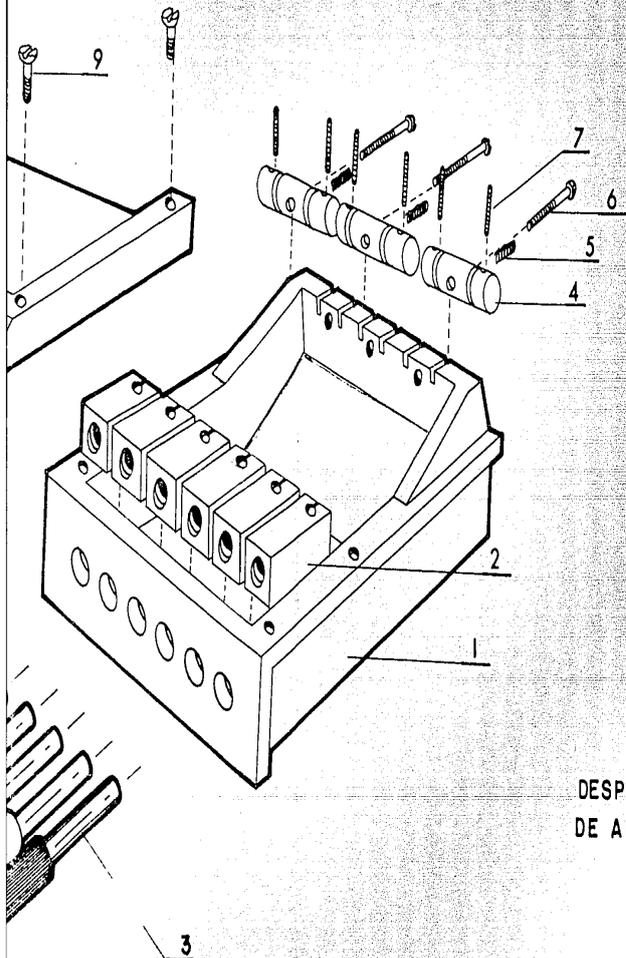
PROY	GUITARRA ELECTRICA
DISEÑO	DIEGO I QUIROZ ROTI
	EUGENIO MUÑOZ LE
	DISEÑO INDUSTRIAL UNA
ESCALA:	1:1





DESPIE  
DE AF

PROY	GI
DISEÑO	DIF
	EL
DISEÑO IN	
ESC	I. J.



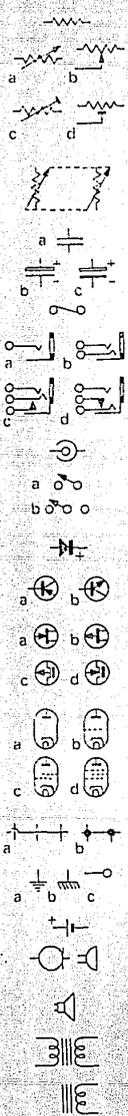
DESPIECE DE MAQUINARIA  
DE AFINACION

PROY	GUITARRA ELECTRICA DEX	PLANO
DISEÑO	DIEGO I. QUIROZ ROTHE EUGENIO MUÑOZ LEAL	
DISEÑO INDUSTRIAL	UNAM	
ESC	1:1	
COT	m.m	

TABLA DE ESPECIFICACIONES

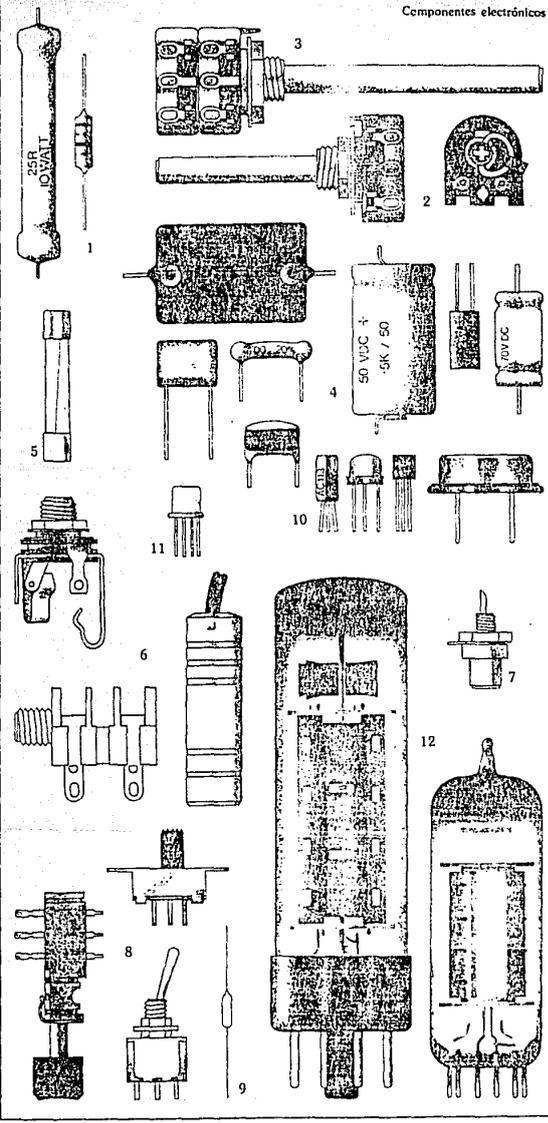
No	CANT	NOMBRE	MATERIAL	DIMENSIONES	PROCESO	ACABADO
1	1	CUERPO	ALUMINIO	80 x 85 x 25	FUNDICION, MAQUINADO	PINTURA EPOXICA
2	6	PINZA	ACERO COLD-ROLLED	10 x 10 x 25	MAQUINADO	PAVONADO
3	6	PERILLA	BARRA COLD-ROLLED 1/2"	10 x 50		
4	3	BARRILES		10 x 20		
5	3	RESORTE	ACERO INOXIDABLE	3/16" x 1/4"	INTEGRAL	INTEGRAL
6	3	PHILLIPS 1/8"	ACERO COLD-ROLLED	1"	PIEZA COMERCIAL	PAVONADO
7	6	PRISIONERO 1/8"		1/2"		
8	1	TAPA	ALUMINIO	72 x 40	FUNDICION, MAQUINADO	PINTURA EPOXICA
9	4	ALLEN 1/8"	ACERO COLD-ROLLED	1/4"	PIEZA COMERCIAL	

**Símbolos electrónicos**



1. Resistencia fija.
2. (a) Resistencia variable; (b) Potenciómetro. (Ambos controlados por un mando.) (c) Resistencia variable ajustable. (d) Potenciómetro ajustable. (Ambos variables con un destornillador.)
3. Potenciómetros o resistencias variables en tándem (dos sobre un mismo eje).
4. (a) Condensador (cualquiera sin polaridad). (b) Condensador electrolítico. (c) Condensador de tántalo.
5. Fusible.
6. (a) Hembra de jack mono. (b) Hembra estero. (c) Hembra de jack estero con interruptor de activación. (d) Idem con interruptor de corte.
7. Hembra coaxial.
8. (a) Interruptor de una vía. (b) Conmutador de dos vías.
9. Diodo semiconductor.
10. (a) Transistor P-N-P. (b) Transistor N-P-N.
11. (n) Transistor de acometida de canal n de efecto de campo (J-FET). (b) FET de canal p. (c) IGFET de canal n. (d) IGFET de canal p.
12. (a) Diodo (válvula). (b) Triodo (válvula). (c) Tetraodo (válvula). (d) Pentodo (válvula).
13. (a) Hilos cruzados, pero no conectados. (b) Conexiones.
14. (a) Toma de tierra. (b) Chasis. (c) Terminal.
15. Batería.
16. Micrófono.
17. Altavoz.
18. Transformador.
19. Bobina de núcleo de hierro o inductancia.

**Componentes electrónicos**



## PROCESOS INDUSTRIALES APLICADOS

### 1-HABILITACION DE MATERIAL.

Consiste en preparar la materia prima necesaria para facilitar su manipulación durante los procesos de transformación.

-Corte de la fibra de vidrio (colchoneta) de acuerdo a las dimensiones del diseño.

-Pigmentar resina.

-Corte de solera y barras de cold-rolled.

-Corte de pequeñas láminas para elaboración de micas.

### 2-FORMADO.

En esta etapa se transforma a la materia prima por medio de moldeo.

-Fibra de vidrio prensada.

-Fundición por gravedad.

-Plástico inyectado.

-Troquelado.

### 3-MAQUINADO.

Transformación de los materiales por medio de máquinas herramienta, ya sea la formación de una pieza completa o la terminación de una pieza formada previamente.

-Torneado, fresado.

-Rectificación, pulido.

#### 4-ACABADOS.

Terminación de piezas a fin de obtener las texturas y colores por medio de procesos químicos o recubrimientos.

-Pavonado, cromado, tropicalizado, anodizado, etc.

-Esmaltes, lacas, pintura micropulverizada, etc.

5-ENSAMBLADO. Proceso donde se arman las piezas para llegar al producto final.

6-EMBALAJE. Una vez aprobado el funcionamiento del producto se procede a guardar en la envoltura diseñada como protección ya sea durante su almacenamiento, transporte o manejo del usuario.

## PROCESOS

Las guitarras DEX están constituidas básicamente por los siguientes elementos:

1-CUERPO

2-ESTRUCTURA

3-MAQUINARIA DE AFINACION

4-CABEZA DE SUJECION DE CUERDAS Y CUBIERTA DE PROTECCION

5-DIAPASON

6-MICA DE COMPONENTES ELECTROMECHANICOS

El resto de los componentes son piezas de tipo comercial de las cuales únicamente las pastillas magnéticas y las cuerdas son de importación.

A continuación se describen los procesos de fabricación de cada uno de los elementos antes mencionados.

## 1.-CUERPO.

Constituido por dos piezas, base y tapa, fabricadas en plástico (resina poliéster) reforzado con fibra de vidrio, formadas independientemente en moldes para prensado.

Estos moldes consisten en una matriz y contramatriz obtenidas a partir de un modelo contemplando el espesor de la pieza y los ángulos de salida para su desmoldeo. Al cerrar las dos matrices, debe haber entre ellas una separación igual al espesor deseado. Debido a las características de estos moldes, las piezas moldeadas deberán terminar rectas hacia donde se libera la contramatriz. Por esta razón, el cuerpo será formado en dos partes.

Para moldear la pieza, se aplica primero una capa de gel-coat, es decir, una película a base de resina, sobre la matriz. Esta capa deberá ser pigmentada ya que reproduce con gran fidelidad la superficie de la matriz, dando así la textura y color final a la pieza.

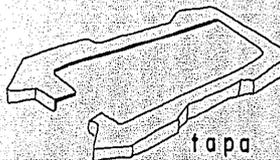
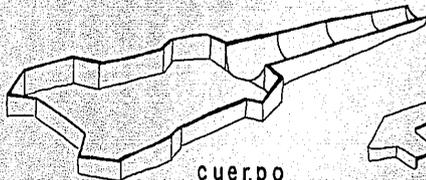
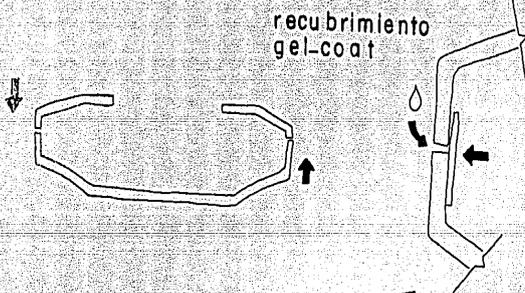
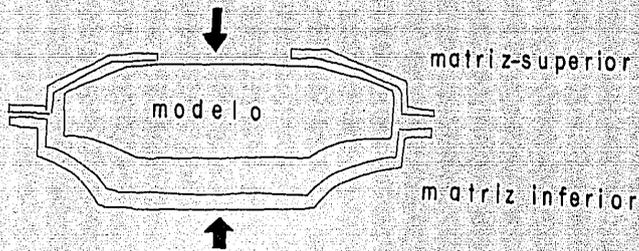
Al secar el gel-coat, se acomoda dentro de la matriz la fibra de vidrio, previamente habilitada, en varias capas dependiendo del espesor requerido, se vacía la resina y se prensa con la contramatriz. La presión reparte a la resina mojando a la fibra de vidrio adheriéndose esta al gel-coat. El sobrante de material es expulsado al exterior y es necesario cortarlo antes de que la resina endurezca por completo. Al secar se retira la contramatriz y se desmolda. La estructura metálica se fija en su interior por

medio de fibra de vidrio humedecida en resina, cuidando que ambas piezas se mojen sin guardar aire, este procedimiento es manual.

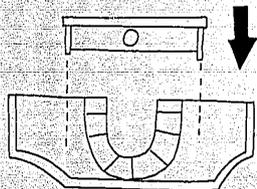
Posteriormente se refina la base para unirse con su pieza complementaria por medio de resina reforzándose con fibra de vidrio por su interior y se pule para dar el acabado final.

El tiempo aproximado del moldeo es de veinte minutos.

# MOLDE

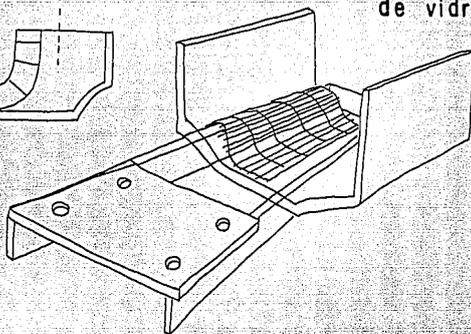


estructura

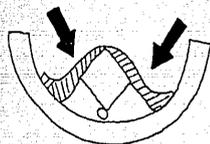


cuerpo

anclaje con fibra  
de vidrio



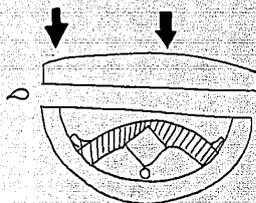
anclaje



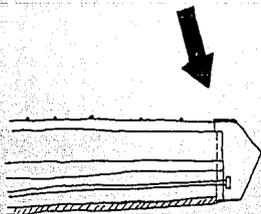
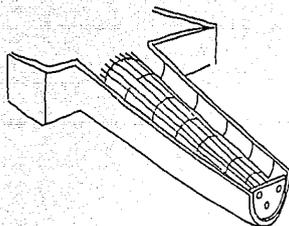
alma de acero

tensor

diapason



resina



## 2.-ESTRUCTURA.

Previamente habilitado el material, la solera se dobla y se unen las piezas que componen a la estructura por medio de soldadura eléctrica. Estos proceso se efectúa sobre escantillones.

Esta pieza no requiere de ningún acabado en especial ya que será cubierta en su totalidad por fibra de vidrio y resina, su función es exclusivamente estructurar al instrumento. El tensor deberá tener cuerda en sus extremos para fijarse a la estructura por medio de tuerca y contratuerca, y en su extremo superior se regulará su tensión con la tuerca de ajuste.

### 3.-MAQUINARIA DE AFINACION.

Esta constituida por los siguientes elementos:

-Cuerpo y tapa.

-Perillas de afinación.

-Pinzas de sujeción.

-Barriles de ajuste.

-Cuerpo y tapa.

Moldeados en fundición de aluminio por gravedad en moldes de arena sílica, maquinado, pulido, terminado en pintura micropulverizada.

-Perillas de afinación.

Cold Rolled 5/16" torneado, rectificado y pavonado.

Estas perillas requieren de cuerda fina para facilitar el deslizamiento de la pieza al tensar la cuerda.

-Pinzas de sujeción de cuerdas.

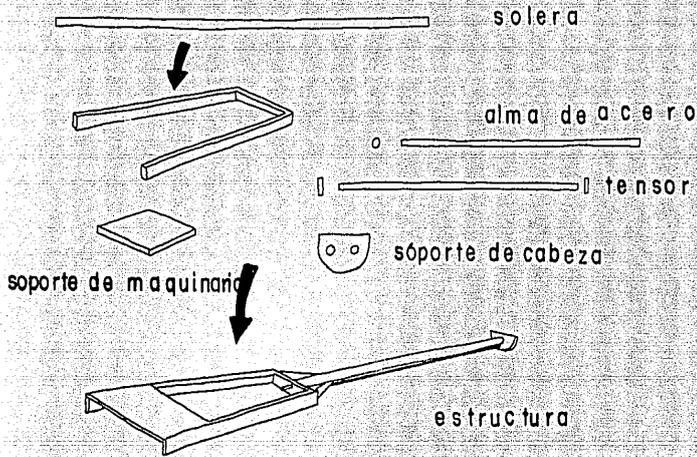
Barra cuadrada Cold Rolled 1/2" x 1/2", maquinado, rectificado pavonado.

Esta pieza requiere de un barreno ciego y una ranura, en el extremo opuesto a la perilla de afinación, para alojar la argolla de la cuerda.

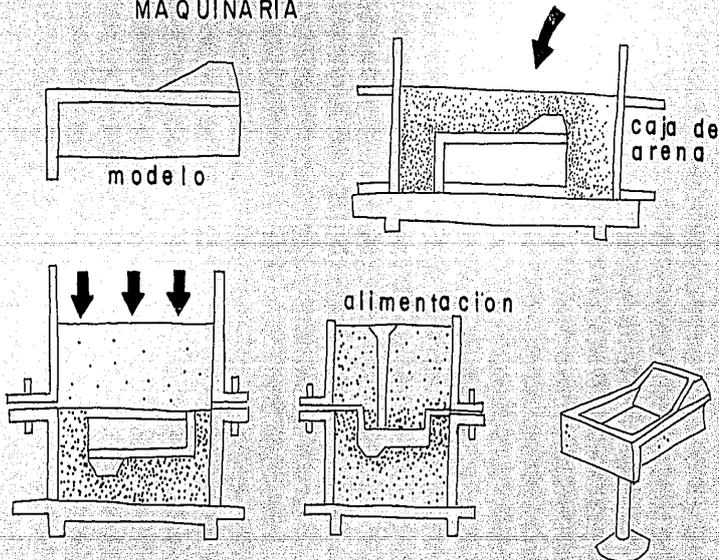
-Barriles de ajuste.

Cold Rolled 3/8", torneado, pulido y pavonado.

# ESTRUCTURA

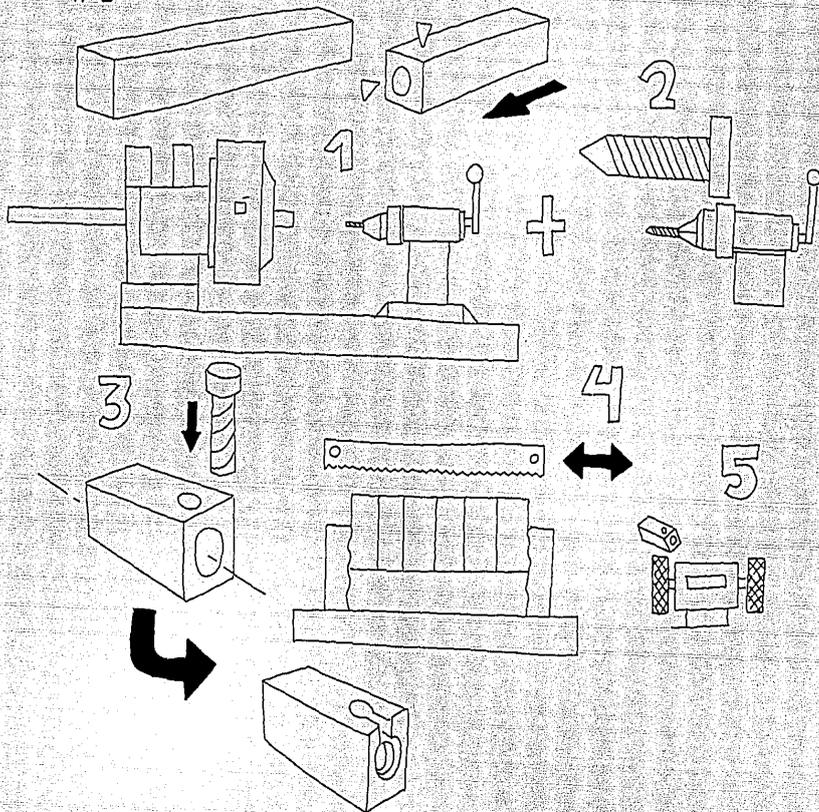


# MAQUINARIA

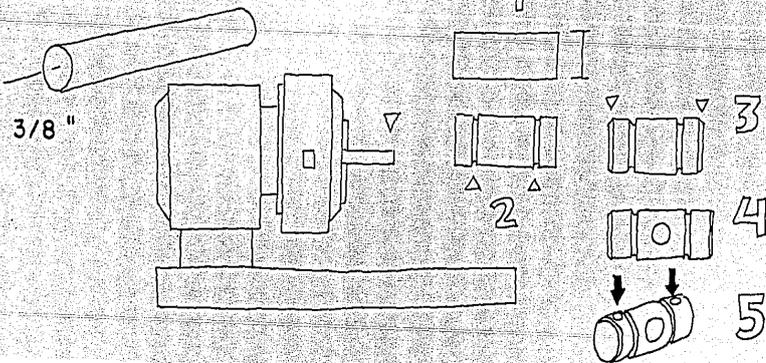


# pinzas de sujecion de cuerdas

1/2"



# barriles



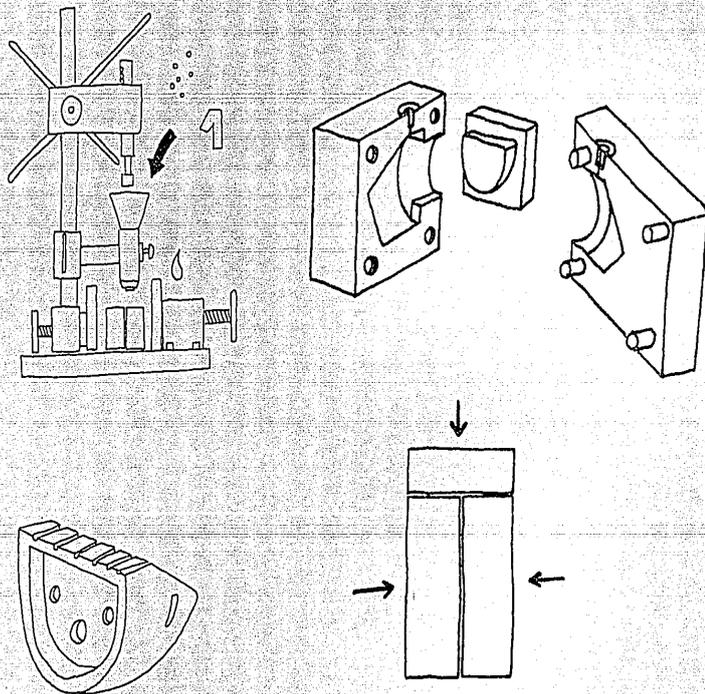
#### 4.-CABEZA DE SUJECION DE CUERDAS Y CUBIERTA PROTECTORA.

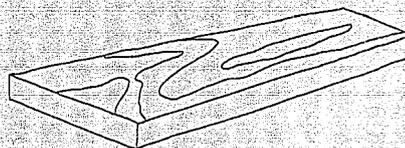
Ambas piezas son de plástico inyectado en moldes de una cavidad.

La cabeza se inyecta en LEXAN, y la cubierta en ABS.

Para pequeña producción se recomienda la utilización de moldes de ZAMAC, que son de gran calidad pero su vida de trabajo es corta y su costo es mucho menor al de los moldes de acero.

La vida aproximada de estos moldes es de 10,000 piezas.





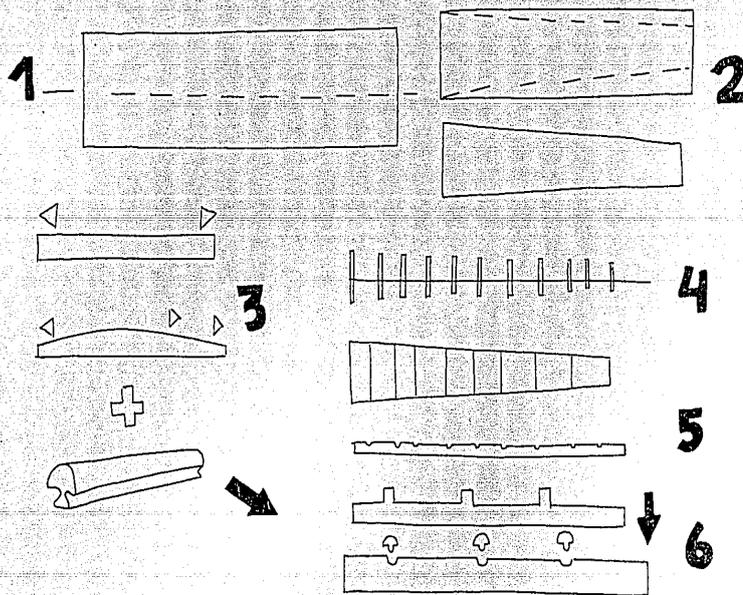
### 5.-DIAPASON.

Elaborado de granadilla, madera del estado de Guerrero, utilizada comunmente en los instrumentos de cuerdas. La propiedad más importante de esta madera es su solidez.

El diapason debe ser curvo a lo ancho de su superficie para facilitar la digitación de las cuerdas.

La pieza no requiere de ningún acabado en especial, unicamente pulido, ya que por su dureza no se marca con el uso ni se afecta con el tiempo. Se puede aplicar una capa de aceite para resaltar la veta o en algunos casos proteger de la humedad, pero esto no es indispensable.

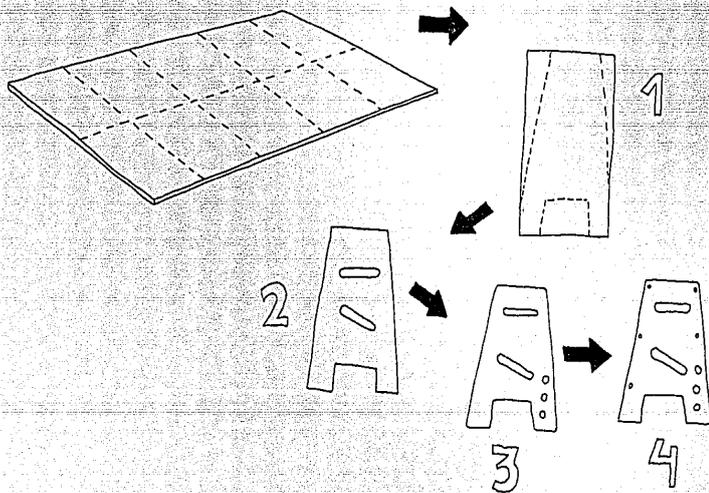
Posteriormente se incrustan los trastes calculados con la regla del dieciocho.



## 6.-MICA DE COMPONENTES ELECTROMECANICOS.

Al ser laminada la celulosa se puede incluir gráficos en su superficie.

Después de habilitarse el material, se corta con router, se barrena y se pule. Durante el proceso es necesario utilizar escantillones.



## MATERIALES APLICADOS

### PLASTICO REFORZADO

Los plásticos reforzados son aquellos materiales, termoplásticos o termofijos que durante el proceso de formación o moldeo se emplea algún material aglutinante que refuerza y mejora las características mecánicas del producto.

Este material reforzante, puede ser continuo o discontinuo, esta propiedad varia de acuerdo al material reforzante utilizado, ya que pueden utilizarse todo tipo de fibras textiles, orgánicas e inorgánicas como yute, henequén, rayón, algodón, poliéster, fibra de vidrio, fibra de carbono, laminados de celulosa, etc.

### RESINA POLIÉSTER

Por definición química un poliéster se forma al hacer reaccionar un ácido polibásico y un alcohol polihídrico a temperaturas superiores a los 100 grados centígrados, obteniéndose un poliéster y agua como resultado de la reacción. De acuerdo a las proporciones utilizadas de ácidos y alcoholes se obtendrán diferentes tipos de poliésteres, con diferentes propiedades físicas clasificados en la siguiente lista.

a) Poliéster no saturado- Es una resina poliéster lineal obtenida al reaccionar ácidos dibásicos y alcoholes polivalentes, que son capaces de polimerizar en forma reticulada, con monómeros de vinilo para formar un plástico termofijo.

b) Poliéster Alquidial- Son aquellos poliésteres modificados con aceites y que se emplean como recubrimientos decorativos, protectores como en algunas pinturas, barnices, tintas, etc.

c) Plastificantes- Poliésteres totalmente saturados que se emplean para ablandar otros plásticos, se les conoce como plastificantes poliméricos, se utilizan en la fabricación de vinilo con o sin refuerzo. Usado en la fabricación de cubreasientos, tapices, etc.

Las resinas poliéster se utilizan en una amplia gama de productos como plástico reforzado, encapsulados, recubrimientos protectores, artículos decorativos, botones etc.

#### PROPIEDADES FISICAS DEL PLASTICO REFORZADO

1) Facilidad de aplicación, lo que reduce el costo de la infraestructura de producción.

2) Secado rápido, de acuerdo a la proporción de catalizador y acelerador utilizada en la reacción.

3) Excelente estabilidad dimensional en el producto terminado.

4) Buenas propiedades dieléctricas.

5) Excelentes propiedades físicas y mecánicas, siendo que una lámina de plástico reforzado con un espesor correspondiente a tres espesores de una lámina de acero, teniendo la misma resistencia mecánica a la tensión, pesando aproximadamente la mitad, con una mayor elasticidad.

6) Resistencia a la corrosión y agentes químicos.

7) El acabado y color de las piezas se incluyen en el proceso de formado prácticamente, no requiere acabado posterior.

## MATERIALES UTILIZADOS COMO REFUERZO

### 1) FIBRA DE CELULOSA.

En este grupo se encuentran Alfa celulosa, Algodón, Yute, Sisal, Rayón.

### 2) FIBRA SINTÉTICAS.

Poliámidas (Nylon), Poliéster (Dacron), Poliacrilonitrilo, Fibras de Alcohol Polivinílico.

### 3) FIBRA DE ASBESTO.

Fibras de Carbono y Grafito, Fibras de Boro Tungsteno, Fibras cerámicas.

### 4) OTRAS FIBRAS.

El desarrollo tecnológico ha incorporado otro tipo de elementos reforzantes utilizados, para aumentar el módulo de elasticidad ampliando así la resistencia mecánica de los laminados. Algunos de estos materiales son Filamentos de Boro Tungsteno, Fibra de Carbono, Filamentos metálicos, Cargas reforzantes.

### 5) FIBRA DE VIDRIO

En la industria del plástico reforzado, el material empleado con mayor frecuencia es la fibra de vidrio.

Sus principales características son:

- 1) Alta resistencia a la tracción e impacto.
- 2) Completamente incombustible.
- 3) Biológicamente inerte.
- 4) Resistencia a la intemperie y a agentes químicos.
- 5) Excelente estabilidad dimensional.

6) Baja conductividad térmica.

7) Resistencia dieléctrica.

Ya que la fibra de vidrio es un material hidrofílico, tiende a absorber agua provocando este efecto el envejecimiento del material, debilitándolo y destruye la unión con el plástico.

A fin de evitar y prevenir esta situación se utilizan compuestos químicos tipo Silano, que agregados a la carga de resina actúan proporcionando una unión química en la interfase de la unión, mejorando y manteniendo las propiedades mecánicas del material.

#### PRESENTACIONES COMERCIALES DE LA FIBRA DE VIDRIO

Mecha.....(Roving)

Colchoneta...(Mat)

Petatiillo...(Woven Roving)

Velo.....(Surfacing Mat)

Filamento cortado...(Chopped Strand)

## PRINCIPALES FORMAS DE USO DEL REFUERZO CON FIBRA DE VIDRIO

Mecha.....(Roving)

Colchoneta...(Mat)

Petateado....(Woven Roving)

Velo.....(Surfacng Mat)

Filamento cortado..(Chopped Strand)

Existen otro tipo de elementos reforzantes utilizados, para aumentar el módulo de elasticidad ampliando así la resistencia mecánica de los laminados. Sean algunos de estos materiales

Filamentos de Boro Tungsteno, Fibra de Carbono, Filamentos metálicos , Cargas reforzantes.

Ya que la fibra de vidrio es un material hidrofílico, tiende a absorber agua provocando este efecto el envejecimiento del material, debilitándolo y destruye la unión con el plástico.

A fin de evitar y prevenir esta situación se utilizan compuestos químicos tipo Silano, que agregados a la carga de resina actúan proporcionando una unión química en la interfase de la unión, mejorando y manteniendo las propiedades mecánicas del material.

# PRODUCCION

En este proyecto se propone la fabricación de estos instrumentos en un taller pequeño, en donde se elaborara unicamente el cuerpo y se ensamblará el producto final.

Se prevee una producción de 150 piezas mensuales fabricadas con pequeña infraestructura y en base a los procesos y materiales propuestos en este trabajo.

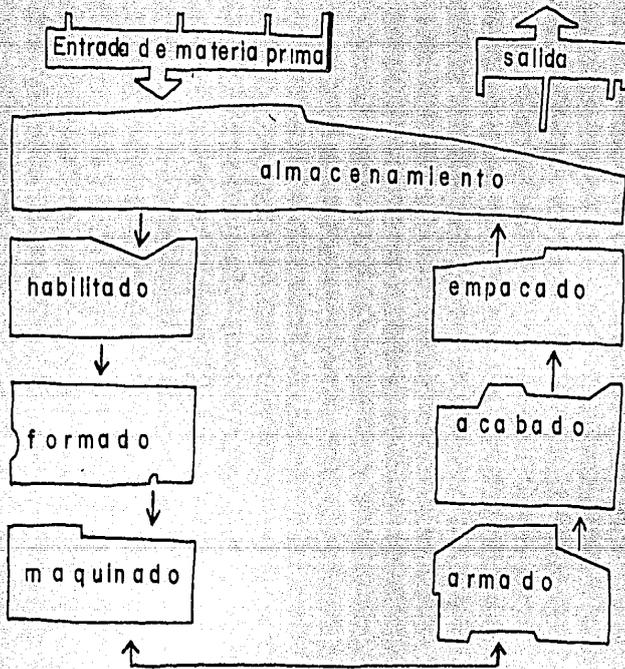


TABLA DE ESPECIFICACIONES

No	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL	PROCESO	ACABADO	COSTO
1	1	CUERPO	FIBRA DE VIDRIO	PRENSADO	INTEGRAL	\$ 30,000
2	1	TAPA	FIBRA DE VIDRIO	PRENSADO	INTEGRAL	
3	1	ESTRUCTURA	ACERO COLD-ROLLED	DOBLADO, SOLDADO, MAQUINADO	INTEGRAL	\$ 16,000
4	1	CABEZA	LEXAN	INYECCION MANUAL	INTEGRAL	\$ 12,000
5	2	TORNILLOS ALLEN 1/8" x 1/4"	ACERO COLD-ROLLED	PIEZA COMERCIAL	PAVONADO	\$ 1,200
6	1	MICA	CELULOSA	MAQUINADO	PULIDO	\$ 3,200
7	7	PIJAS 1/8" x 3/8"	ALUMINIO	PIEZA COMERCIAL	CROMADO	\$ 350
8	2	PASTILLAS MAGNETICAS	VARIOS	PIEZA COMERCIAL	VARIOS	\$ 100,000
9	4	RESORTES 1/4" x 1/2"	ACERO INOXIDABLE	PIEZA COMERCIAL	INTEGRAL	\$ 400
10	1	POTENCIOMETRO PARA VOLUMEN 250 Kohms	VARIOS	PIEZA COMERCIAL	VARIOS	\$ 1,000
11	1	POTENCIOMETRO PARA TONO 500 Kohms	VARIOS	PIEZA COMERCIAL	VARIOS	\$ 1,000
12	1	CONDENSADOR .02 mF	VARIOS	PIEZA COMERCIAL	VARIOS	\$ 200
13	2	PERILLAS	ALUMINIO	MAQUINADO	ANODIZADO	\$ 3,500
14	1	CONMUTADOR ON-ON-ON	VARIOS	PIEZA COMERCIAL	VARIOS	\$ 1,500
15	1	JACK HEMBRA	VARIOS	PIEZA COMERCIAL	CROMADO	\$ 1,000
16	1	CABLE ELECT. CAL 26 1m	COBRE	PIEZA COMERCIAL	BLINDADO	\$ 500
17	1	MAQUINARIA DE AFINACION	ALUMINIO	FUNDICION MAQUINADO	PINTURA EPOXICA	\$ 27,000
18	1	TAPA DE MAQUINARIA				\$ 10,000

TABLA DE ESPECIFICACIONES

No	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL	PROCESO	ACABADO	COSTO
19	4	T. ALLEN 1/8"x 1/4"	ACERO COLD-ROLLED	PIEZA COMERCIAL	PAVONADO	\$ 2,400
20	4	T. ALLEN CABEZA CONICA 3/16"x 1/4"	ACERO COLD-ROLLED	PIEZA COMERCIAL	PAVONADO	\$ 3,000
21	1	PLACA 65 x 73	AC. INOX. CAL 22	CORTE	INTEGRAL	\$ 6,000
22	6	PERILLAS	ACERO COLD-ROLLED	MAQUINADO	PAVONADO	\$ 24,000
23	6	PINZAS	ACERO COLD-ROLLED	MAQUINADO	PAVONADO	\$ 15,000
24	3	BARRILES 3/8"x 3/4"	ACERO COLD-ROLLED	MAQUINADO	PAVONADO	\$ 7,500
25	6	PRISIONEROS 1/8"x 1/2"	ACERO COLD-ROLLED	PIEZA COMERCIAL	PAVONADO	\$ 3,600
26	3	T. DE AJUSTE 1/8"x 1"	ACERO COLD-ROLLED	PIEZA COMERCIAL	CROMADO	\$ 300
27	3	RESORTE 3/16"x 1/4"	ACERO INOXIDABLE	PIEZA COMERCIAL	INTEGRAL	\$ 300
28	1	DIAPASON	MADERA GRANADILLA	MAQUINADO	PULIDO	\$ 5,000
29	9	INCRUSTACIONES	AC. INOX. CAL 26	PIEZA COMERCIAL	INTEGRAL	\$ 1,000
30	2	PORTA TAHALI	ALUMINIO	MAQUINADO	ANODIZADO	\$ 2,000
31	2	PIJAS 1/8"x 1/2"	ACERO COLD-ROLLED	PIEZA COMERCIAL	CROMADO	\$ 200
32	1	JUEGO DE CUERDAS	ACERO ENTORCHADO	PIEZA COMERCIAL	INTEGRAL	\$ 6,000
33	1	ESTUCHE	CARTON CORRUGADO	SUAJADO	IMPRESION	\$ 10,000

## COSTOS

### 1- COSTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA POR UNIDAD DE PRODUCTO:

\$286,750

POR 150 PIEZAS:

\$43'012,500

### 2- COSTO DE HERRAMIENTA

Taladro de columna 3/4 hp. \$1'500,000

2 esmeriles de banco 1 hp. \$1'800,000

4 tornillos de banco. \$1'600,000

1 compresora. \$2'000,000

Herramienta en general. \$1'000,000

-----  
TOTAL. \$7'900,000

### 3- COSTO DE MOLDES Y ESCANTILLONES

Moldes. \$10,000,000

Escantillones. \$200,000

-----  
TOTAL. 10,200,000

4- TOTAL 2 Y 3. \$18'100,000

Amortizando en 5 años: \$302,000/mes

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

GASTOS FIJOS.

5- GASTOS DE VENTA.

Gastos de representación.	\$400,000
Gastos de publicidad.	\$2'000,000
	-----
TOTAL	2'400,000

6-SUELDOS.

Director.	\$3'000,000
Contador.	\$1'500,000
Secretaria.	\$800,000
4 Empleados.	\$2'800,000
	-----
TOTAL	\$8'100,000

7-OTROS GASTOS.

Renta de taller.	\$800,000
Agua.	\$100,000
Luz.	\$200,000
Teléfono.	\$500,000
Mantenimiento	\$2'000,000
	-----
TOTAL.	3'600,000

B-CAPITAL DE LA EMPRESA.

Mobiliario.

Equipo de trabajo.

TOTAL

Amortización del capital en 5 años:

\$10'000,000

\$18'100,000

-----  
28'100,000

\$468,333/mes

PRECIO DE VENTA AL PUBLICO.

Potección de la amortización.

Gastos varios.

Sueldos.

Gastos de venta.

Producción.

TOTAL:

\$318,000

\$3'600,000

\$8'100,000

\$2'400,000

\$43'012,500

-----  
\$57'430,500

+ 30% DE GANANCIA = \$74'659,500

+ 15% IVA = \$85'858,597

+ 10% DISTRIBUIDOR = \$94'444,457

DIVIDIDO ENTRE 150 UNIDADES:

PRECIO DE VENTA AL PUBLICO POR UNIDAD = \$629,629

-----

## EXPERIMENTACION

Durante la investigación realizada, se efectuaron varios experimentos para determinar la resistencia mecánica mínima que requiere un instrumento de cuerdas, guitarra o bajo eléctrico, así como pruebas de nuevos materiales y sus diferentes aplicaciones; resinas poliéster, epóxicas y fenólicas, reforzadas con yute, fibra de vidrio, fibra de algodón y fibras sintéticas, en sus diversas presentaciones malla, petatillo, filamentos, etc. Se construyeron modelos de nuevos mecanismos de afinación y de sujeción de cuerdas. Se realizaron pruebas mecánicas de laboratorio en el Centro de Diseño Mecánico en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., para definir el punto de ruptura de una cuerda comercial, el experimento consistió en sujetar un segmento de cuerda de guitarra eléctrica, acerada y entorchada, en sus dos extremos, con dos mordazas instaladas en una prensa hidráulica especial para pruebas de resistencia a la tracción. Se aplicaron esfuerzos y se graficó la deformación sufrida en la cuerda hasta el punto de su ruptura. Se consideraron como constantes para el experimento, el material de la cuerda, el diámetro de 1 mm, correspondiente a la sexta cuerda y temperatura en el momento de la prueba, (22°C aproximadamente). Se hicieron pruebas con diferentes cuerdas, a partir de los resultados obtenidos en gráficas se determinó que la cuerda de 1 mm de diámetro resiste a una tracción de 67.5 Kg/cm<sup>2</sup> hasta el momento de su ruptura.

El cuerpo de la guitarra constituye funcionalmente una viga mecánica que resiste a la deformación producida por la tensión

de las cuerdas. Ya que la guitarra consta de seis cuerdas, es necesario multiplicar el resultado de la prueba por seis, lo que representa una tensión de  $405 \text{ Kg/cm}^2$ . Ya que la sexta cuerda por su diámetro es la más resistente, el resultado será mayor al real por lo que la estructura será segura. El resultado obtenido es al momento de la ruptura, lo que equivale a una tensión mucho mayor a la del punto de afinación.

Se realizó un modelo de pruebas mecánicas, elaborado a partir de una estructura de acero reforzada con fibra de vidrio. La estructura consiste de una barra de acero con un soporte para cuerdas en cada extremo. Por abajo y a lo largo corre un tensor que puede aflojarse ó tensarse por medio de un tornillo y tuerca, sujeto a los extremos de ésta.

La estructura se bañó en fibra de vidrio dentro de un molde en forma de medio tubo, se colocaron las cuerdas y se tensaron por medio de un tornillo. La estructura comenzó a curvarse, pero al aumentar la tensión del tensor se corrigió la deformación hasta encontrar el punto de equilibrio.

Se observó el modelo durante seis meses, las cuerdas conservaron su tensión y la estructura no sufrió deformación.

Al retirar las cuerdas, la estructura permanece estable.

## CONCLUSIONES

Como ya se mencionó, el mercado de instrumentos musicales está saturado por productos de importación.

El principal objetivo del trabajo ha sido proponer soluciones de diseño industrial para lograr un instrumento de producción nacional que tenga posibilidad de competir con las marcas extranjeras, incluso fuera de nuestro país.

El planteamiento ha sido el siguiente: desarrollar un instrumento elaborado con materiales nacionales, con mecanismos y sistemas simplificados, y de producción ágil, es decir, un instrumento de bajo costo de producción.

Se propuso reemplazar la madera por fibra de vidrio, lo que permite obtener el brazo y el cuerpo del instrumento en una sola pieza con las mismas propiedades mecánicas y funcionales, pero más ligera y con un tiempo y costo de producción menores, ya que la infraestructura necesaria para el manejo de la fibra de vidrio no requiere de una gran inversión y su aplicación sobre moldes es sencilla y ágil. El acabado de la pieza se obtiene directamente del molde, por el contrario, la madera requiere de una preparación previa, su maquinado implica desperdicio de material y su acabado requiere más tiempo y trabajo delicado.

Se diseñó un nuevo mecanismo de afinación sencillo con la misma eficiencia que el existente, ubicado en la parte inferior del cuerpo. Esto elimina a la cabeza donde normalmente se encuentra la maquinaria convencional. Las dimensiones del cuerpo están calculadas al mínimo necesario para contener a otros componentes en su interior, lo que da como resultado un instrumento de

menores dimensiones, más ligero y fácil de transportar.

El nuevo instrumento contiene menos componentes que los convencionales y se estima que únicamente el 10% de ellos son de importación. Estos son las pastillas magnéticas y las cuerdas. Un 30% de los componentes son piezas de producción nacional estandarizada y accesibles en el mercado, y el resto son elementos de manufactura a partir de tecnología ya ampliamente conocidas y dominadas por la industria nacional. No se requiere de inversiones cuantiosas en maquinaria y equipo para iniciar la fabricación.

La configuración del producto permitirá el acceso al mercado y posteriormente será enriquecida para ofertar productos con mejoras en cuanto a tendencias y aspiraciones para lograr guitarras más lujosas, la estructura básica ya se tiene.

Por tanto se considera que el proceso de trabajo ha cumplido con los objetivos planteados inicialmente.

## 12.- GLOSARIO

**BRAZO.** También llamado mástil. Es el soporte del diapasón. En su extremo superior se sujetan las cuerdas y la maquinaria de afinación. Generalmente se fabrican de tres piezas de madera dura como caoba, arce, palo de rosa o nogal africano. La forma más sencilla es hacerla de una sola pieza pero es un método muy costoso.

**CEJUELA.** Está situada en la parte superior del brazo. Es el punto donde termina la vibración de la cuerda.

**DIAPASÓN.** También llamado trastero. Es la pieza de madera que hay por delante del mástil. En ella se insertan los trastes. Tradicionalmente se hacía de ébano, pero actualmente se utilizan palo de rosa y otras maderas duras y de color oscuro.

**ENTORCHADO.** Envoltura de alambre enrollado alrededor de una cuerda para aumentar su masa y obtener sonidos graves.

**ESCALA.** Serie consecutiva de notas que forman una progresión entre una nota y su octava. Existen muchas escalas diferentes y su desarrollo tiene una historia muy complicada. Cualquier escala se puede distinguir de otra por el modo en que las notas dividen la distancia representada por la octava.

**GOLPEADOR.** Placa para proteger al instrumento de golpes o rayaduras producidas por el uso.

**MARCADORES DE TRASTES.** Señalamientos colocados en el diapasón para localizar las notas con mayor facilidad. Existe un orden para colocarlos. El doceavo traste siempre se señala con un marcador más grande o con dos marcadores, esto indica el inicio de una nueva octava.

**OCTAVA.** Intervalo entre una nota y la siguiente del mismo nombre. Estas notas suenan igual pero su tonalidad es diferente, una esta en un registro más alto que la otra. Las frecuencias de ambas notas estan en proporción de 2:1.

**PLUMILLA.** Pequeña lámina utilizada para rasguear las cuerdas. Se fabrican de diferentes materiales: plástico, nylon, carey, goma, fieltro e incluso piedra. Pueden ser de diversas formas, tamaños y grosores.

**PUENTE.** Esta situado en el cuerpo. Es el punto donde termina la vibración de la cuerda. Existen dos tipos básicos de puentes: el fijo y el flotante. En el caso de las guitarras acústicas, el puente transmite la vibración de la cuerda a la caja.

**PULSAR.** Hacer vibrar una cuerda.

**PUNTEAR.** Tocar las cuerdas con movimientos independientes del pulgar y los demás dedos. De esta manera se puede tocar una línea rítmica de bajos en las últimas cuerdas, al mismo tiempo que una melodía en las cuerdas altas

**RASGUEAR.** Acción de tocar todas las cuerdas alternando golpes hacia arriba y hacia abajo. Los golpes hacia arriba tienden a tener un sonido más agudo, porque predomina el de las cuerdas altas, los golpes hacia abajo tienen un sonido más lleno.

**TRASTES.** Divisiones sobresalientes en el diapason indicando las notas. Al presionar la cuerda sobre el traste se marca un nuevo punto que limita la vibración dando una nueva nota. El punto óptimo para presionar la cuerda es el espacio anterior al traste, lo más cercano posible a éste.

**TRASTERU.** Diapason.

## BIBLIOGRAFIA

- MANUAL DE LA GUITARRA.

Ralph Denyer

Ed. Raices

Madrid 1988

- REVISTA GUITAR PLAYER

Publicación mensual

E.U.

- REVISTA GUITAR WORLD

Publicación mensual

E.U.

- ERGONOMIA

J. McCormick.

Ed. Gustavo Gili

Madrid 1982