

Sistema hidrostático de detención de la vibración de los olivos

Sólo los potentes vibradores multidireccionales de troncos y ramas se presentan hoy como las máquinas que permiten vislumbrar soluciones rentables a la recolección mecanizada de la aceituna.

Humanes Guillén J. 1970

por: Andrés Porras Piedra*

I.-INTRODUCCION

La recolección de la aceituna representa entre todas las faenas del cultivo del olivar la que requiere la máxima dedicación en tiempo de la totalidad de mano de obra que necesita este ancestral y seductor cultivo.

Hoy todos los estudiosos del olivar coinciden en que cuando se utilizan sistemas tradicionales de recolección, prácticamente en cada hectárea de olivar se dedican unas 180 horas de trabajo de hombre a la recogida de su fruto, lo que representa un 80% del total de tiempo requerido en su cultivo, entendiéndose por tales faenas aquellas como poda, laboreo, binas, tratamientos fitosanitarios, abonado y transporte del fruto.

Del tiempo requerido por la recolección el 40% se dedica al derribo cuando de aceituna para obtención de aceite se trata, siendo de un 80% cuando el fruto se utiliza para aderezo en verde al estilo sevillano.

Hace ya un cuarto de siglo que el ilustre investigador del olivar D. José Humanes Guillén escribió la frase con la que ha dado comienzo este trabajo, y sin riesgo alguno de error, puede decirse que hoy son pocas, si es que hay alguna, las personas ligadas al mundo del olivar que ponen en duda su contenido.

Puede decirse que aquellas palabras fueron una predicción del futuro que hoy se han hecho realidad, ya que a pesar de

las condiciones socio-culturales que han caracterizado siempre al olivar español, en nuestro país y a pesar de la gran crisis por el que pasa la fabricación de maquinaria no son pocos los fabricantes que dedican su producción a la construcción de «potentes vibradores de troncos y ramas» con características de diseño y constructivas concebidas especialmente para el olivar.

El principio básico que usan hoy la mayoría de los vibradores multidireccionales fue ideado por Brandt, investigador de la Universidad de California, en la década de los 60. Consiste en hacer girar simultáneamente, con velocidades angulares opuestas, próximas en valor absoluto pero no iguales, dos masas con centro de gravedad desplazado con respecto al eje de giro una distancia denominada radio de giro. Dichas masas al girar crean fuerzas centrífugas cuya resultante variable en módulo, dirección y sentido, genera una vibración controlada en frecuencia y amplitud. Dicha vibración se transmite desde el punto de agarre del vibrador a través de la estructura del árbol y al llegar al fruto genera en él aceleraciones con valor suficiente como para romper su pedúnculo.

El gran reto de los fabricantes de vibradores concebidos para la recolección de aceituna ha sido durante bastante tiempo precisamente generar una vibración que sin hacer daño ni interna ni externamente al árbol, permita derribar uno de los frutos de más difícil desprendimiento. Para comprender este fenómeno baste aclarar que el peso de la aceituna es muy pequeño (4 gr. se considera un buen tamaño) y la resistencia del pedúnculo muy elevada (llega a veces a valores próximos a los 10 N.).

II.-CARACTERISTICAS DE LA VIBRACION

El movimiento generado en el árbol surge del giro de las masas de inercia, el

cual absorbe la potencia necesaria de un motor alternativo, en nuestro país normalmente del tractor soporte del conjunto de mecanismos que constituyen el vibrador. La transmisión de potencia desde el motor del tractor hasta la cabeza vibradora se hace de forma hidrostática con un equipo cuyo esquema básico representado según la normativa I.S.O. aparece en la Fig. 1.

Su funcionamiento es como sigue: El aceite, de características adecuadas a este tipo de transmisiones, contenido en el depósito 1 sale de él por gravedad, y a veces por la ligera succión que provoca el sistema de bombeo, pasando por un filtro de malla 2 y a través de una válvula 3 cuya misión es la de aislar el depósito en caso de avería impidiendo fugas involuntarias de aceite. De esta forma llega a la bomba hidrostática 4 de unos 150 L/min., de caudal. Dicha bomba accionada por el motor del tractor 5 envía el aceite por medio de tuberías de alta presión, controlada por el manómetro con pulsador 6, y regulada hasta valores punta de unos 175 kg/cm² por la válvula limitadora 7, al distribuidor 4/2 de accionamiento normalmente manual 8. Dicho distribuidor como puede apreciarse en la figura 1, cuando no se actúa sobre su palanca de mando se observa que el caudal de aceite producido por la bomba lo divide en dos partes. Una que llega al motor oleohidráulico 9, dejando de circular por las tuberías de presión al llegar a él, pero manteniéndolas llenas de aceite. La detención de la circulación se produce por la resistencia que opone al giro del motor el hecho de estar conectado a los contrapesos y por encontrarse abierta la vía que lleva directamente el aceite y sin más resistencia que la originada por la pérdida de carga de circulación del fluido por las tuberías y filtro hasta llegar al depósito.

Es importante destacar el hecho de que la tubería de presión que conduce el

(*) Ingeniero Agrónomo. Catedrático de Motores y Máquinas Agrícolas. E.U.I.T.A. de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha.

COLABORACION:

José M^o Abenza Corral.
Ignacio Marcilla Goldaracena.
Manuel Ortega Cantero.
Miguel A. Megía Serrano.

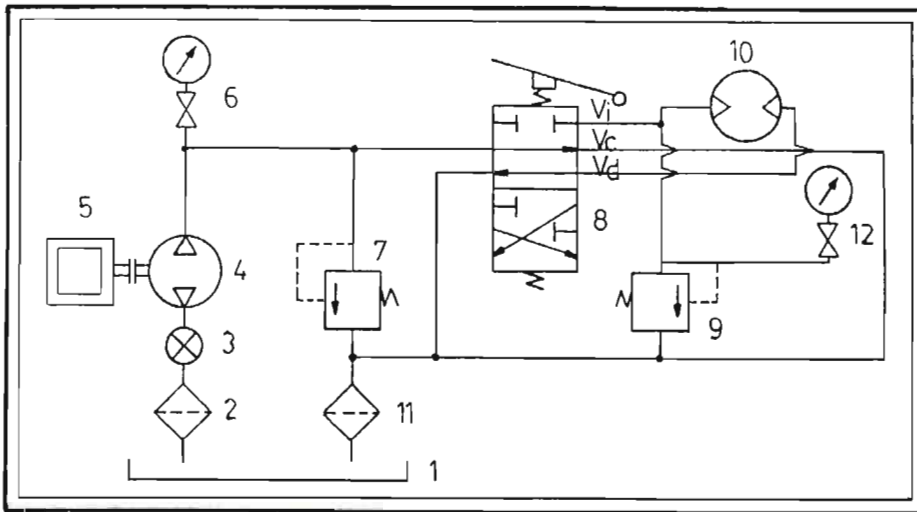


Figura 1: Equipo hidrostático básico de vibración en los vibradores tradicionales.

aceite hasta el motor se mantenga llena, siempre es un aspecto constructivo a destacar pues este hecho impide fenómenos de cavitación y de impacto en el rotor del motor alargando su vida útil.

El motor hidrostático 9 cuando se acciona sobre la palanca del distribuidor recibe el aceite a la presión tarada en Z y pone en funcionamiento el giro de las masas generadoras de la vibración.

Conviene señalar que la forma de accionamiento de los contrapesos es una característica de las firmas constructoras y sin que esta opinión signifique una crítica destructiva, debería seguir siendo estudiada para su perfeccionamiento.

La fuerza que se genera debido al giro de las masas al ser una magnitud vectorial variable genera una vibración que transmitiéndose por la estructura del árbol llega hasta las aceitunas provocando su desprendimiento.

Hay un hecho evidente que surge del juicio expuesto: La estructura conseguida al podar el olivo incide claramente en la eficacia de deribo de la aceituna por el vibrador.

Cuando se analiza matemáticamente la vibración que genera en la zona de agarre del olivo y se estudia la amplitud de la vibración que se obtiene debida al movimiento de las masas excéntricas se observa que, representando en abscisas la velocidad angular media de los contrapesos y en ordenadas la amplitud de la vibración, a medida que aumenta la velocidad de giro, la amplitud de la vibración aumenta hasta que llegan los contrapesos a velocidades angulares próximas a 800 r.p.m. Superada dicha velocidad angular, la amplitud de la vibración decrece, tendiendo a estabilizar cuando la velocidad media de giro de los contrapesos supera valores de unas 1500-1600 r.p.m.

La gráfica que representa la variación

de la amplitud de la vibración en función del régimen de giro de los contrapesos tiene la siguiente forma (Fig. 2):

Matemáticamente se obtiene que cuando la velocidad de giro de los contrapesos supera los valores de 1500-1600 r.p.m., lo cual es usual en la práctica totali-

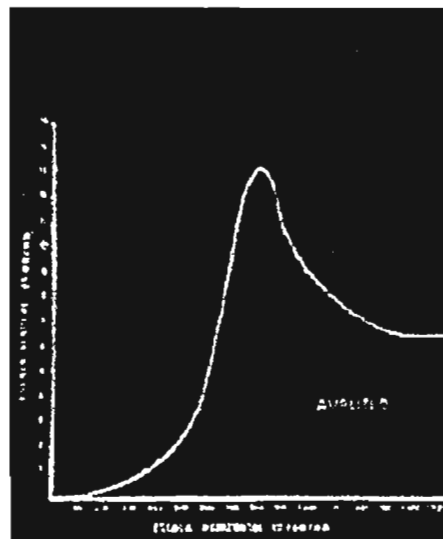


Figura 2: Evolución de la amplitud de la vibración en función del régimen de giro de los contrapesos.

dad de los modelos comerciales, la amplitud tiene un valor dado por la fórmula:

$$\text{Amplitud } S = \frac{2.m.r}{Mv + Meq}$$

Siendo:
S = amplitud de la vibración.
m = masa total generadora.

r = radio de inercia de m.
Mv = Masa total de la cabeza vibradora.
Meq = Masa equivalente del árbol.

También es posible demostrar que la aceleración que se produce en la zona de agarre del tronco del olivo, y que como ha sido expuesto es la causante de la caída del fruto puede expresarse por una ecuación del tipo:

$$\text{Aceleración } a = \delta.n^2.S.$$

Siendo:
δ = constante característica del sistema vibrante árbol-cabeza vibradora.
n = velocidad de giro de los contrapesos en r.p.m.
S = amplitud de la vibración.

Es importante indicar que la potencia requerida para mantener a régimen los contrapesos durante la vibración de los olivos tiene una expresión matemática del tipo:

$$\text{Potencia absorbida } N = \lambda.n^3.S$$

Siendo:
λ = constante característica del sistema vibrante árbol-cabeza vibradora.
n = velocidad de giro de los contrapesos en r.p.m.
S = amplitud de la vibración.

El uso racional y conjugado de estas variables que inciden en las características de la vibración (amplitud, aceleración y potencia) lleva a pensar en un primer avance que es preciso vibrar con el máximo de amplitud permisible por el olivo para que la potencia absorbida por el sistema, función, en un determinado olivo del par de valores (n-S), sea la mínima posible y con ello el tractor necesario será tan suficientemente pequeño como para que pueda usarse sin excesos de potencia en las restantes labores culturales del olivar.

Evidentemente la máxima amplitud de vibración que se utilice depende de las características definidas por el límite elástico del olivo y en ningún caso pueden excederse valores que sean causa de roturas, que harían inutilizable la máquina.

La mayoría de los vibradores comercializados en nuestro país para deribo de aceituna utilizan velocidades de giro de los contrapesos del orden de las 1600 r.p.m. y amplitudes de unos 15-20 mm con lo que la potencia absorbida oscila entre 60 y 80 C.V. (45-60 kw).

Este detalle que en apariencia no presenta grandes limitaciones y que durante mucho tiempo ha estado utilizándose ha sido un fenómeno que ha significado y que significa un factor limitante en la aceptación de estas máquinas por muchos oliva-

rereros. En efecto, cuando el vibrador se acerca al árbol y agarra el tronco para transmitirle la vibración los contrapesos se encuentran parados en el interior de la carcasa, al accionar la palanca del distribuidor el aceite a presión incide en el motor hidrostático y este comienza a girar transmitiendo el giro a los contrapesos que van aumentando paulatinamente su velocidad hasta llegar a las 1600 r.p.m. previstas en el diseño de la máquina. Como se observa en la figura 2 al alcanzar los contrapesos velocidades angulares medias próximas a las 800 r.p.m. la amplitud de la vibración es muy elevada llegándose a desplazamientos en el árbol próximos al límite elástico. Ocurre que debido a la alta presión punta utilizada (unos 175 kg/cm²) el par motor de arranque que se produce es muy elevado, lo que produce una gran aceleración angular de los contrapesos, haciendo que en un tiempo muy corto se alcance la velocidad de régimen prevista, siendo el tiempo de tránsito de los contrapesos por las velocidades angulares próximas a las 800 r.p.m., tan corto, que solo los observadores avezados se dan cuenta del «raro» movimiento realizado por el árbol.

Al ser el tiempo de tránsito muy corto, la vibración pasa por las máximas amplitudes sin causar fatigas en la madera que lleguen a producir roturas indeseables y sin que se aprecien, debido a la rapidez con que ocurren, movimientos anómalos en la estructura del árbol.

Una vez llevados los contrapesos a la velocidad de régimen se mantienen en ella durante algunos segundos (5 a 20) y a criterio del conductor del tractor se desactiva la vibración dejando de accionar la palanca del distribuidor.

En ese momento los contrapesos giran a unas 1600 r.p.m. y para poder soltar el árbol es preciso, a fin de evitar daños en árbol y en la propia estructura de la cabeza vibradora, esperar hasta la total detención de los mismos.

Estos se detienen paulatinamente, pues la deceleración es causada solo por rozamiento y se produce el hecho de que el tiempo de tránsito por velocidades angulares próximas a las 800 r.p.m. es mucho más largo. Durante ese relativamente largo tiempo de tránsito el árbol se mueve con gran amplitud, y no hace falta ser un observador avezado para darse cuenta del «raro» movimiento del sistema, por lo que inmediatamente se piensa en la posibilidad de que surgan fatigas en la madera que afecten a la estructura del árbol.

Es posible asegurar gracias a la experiencia acumulada por la vibración durante más de un cuarto de siglo de olivos que el fenómeno descrito es más inquietante que dañino.

No obstante como se ha expuesto es un hecho que ha retraído y sigue impidiendo a algunos agricultores la decisión de adquisición y uso de estas máquinas y es

por lo que ya existen en el mercado modelos que reducen el tiempo de detención de la vibración, buscando, lógicamente, además de evitar el problema expuesto, mejorar la eficiencia de la máquina medida en número de olivos vibrados por jornada de trabajo al reducir el tiempo necesario en cada vibración.

III.-FRENADO HIDRAULICO DE LOS CONTRAPESOS

Desde hace algún tiempo se viene observando un creciente interés por la detención súbita de la vibración, pues su consecución aporta ventajas físicas, psíquicas y económicas.

Frenar mecánicamente las masas resulta si no imposible, si muy difícil, por lo que en este trabajo se ha optado por la solución hidráulica con dos claros objetivos:

- * Posibilidad de adaptación a cualquier vibrador comercial tanto nuevo como usado.
- * Economía de costes de producción.

Lógicamente se ha buscado también simplicidad, durabilidad y pérdida nula de potencia.

Con estas premisas se ha diseñado, construido y ensayado un circuito hidráulico como el que según la normativa I.S.O. se presenta en la Fig. 3.

Su funcionamiento es como sigue:

El aceite contenido en el depósito 1 sale de él a través del filtro de malla 2 y pasa por la válvula 3, cuya finalidad es la de aislar el depósito en caso de roturas en la instalación, a la bomba hidrostática 4 de unos 150 l/min. de caudal. Dicha bomba accionada por el motor alternativo del tractor 5

envía el aceite a través de tuberías de alta presión y controlada por el manómetro con pulsador 6 y regulada por la válvula limitadora de presión 7, al distribuidor 8/2 de accionamiento manual 8 (aunque también puede adquirirse eléctrico).

Como puede observarse comparando con la descripción de funcionamiento de la figura 1, hasta aquí el equipo hidráulico es exactamente el mismo, por lo que para adoptar este sistema no es preciso cambiar más que el distribuidor 8 en vez de utilizar el del tipo 4/2 de la mencionada figura.

Cuando el aceite llega al distribuidor 8, si no se actúa sobre la palanca de mando, pasa por él sin activar el giro del motor, estando la vibración parada, retornando a través del filtro 11 al depósito 1. Es importante indicar que la vía de la izquierda Vi está cerrada y la de la derecha Vd llega al motor permitiendo el llenado continuo de la tubería de accionamiento del motor hidrostático 10 por encontrarse unida antes del filtro 11 a la tubería de descarga al depósito. De esta manera se evitan fenómenos de cavitación y de impacto que van en claro beneficio de la duración del motor.

Al accionar la palanca del distribuidor la vía central Vc envía el aceite hasta el motor y cuando sale de él lo lleva por la tubería de descarga del distribuidor al depósito 1 pasando por el filtro 11.

Al soltar el tractorista la palanca del distribuidor, el motor que estaba recibiendo el aceite a presión y girando a alto régimen accionado los contrapesos, sigue girando por inercia actuando en este momento como una bomba hidrostática por lo que necesita absorber aceite, para evitar la cavitación. El diseño así lo permite, pues a través de la vía derecha Vd, que se carga desde la tubería de retorno, hace que durante el período de detención de los

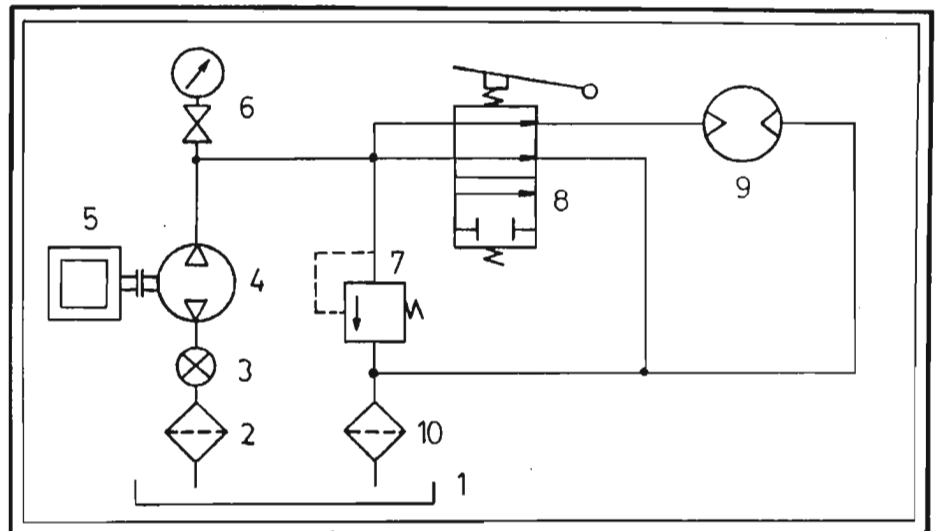


Figura 3: Solución aportada.

contrapesos, el aceite circule parcialmente en circuito cerrado.

La salida de fluido del motor se obliga a pasar a través de la válvula limitadora de presión 9 descargando en el depósito 1 pasando previamente por el filtro 11. La tubería de la vía derecha Vd de la figura 2 como se ha expuesto se mantiene siempre llena de aceite lo que es una característica de este diseño que debe ser tenida en cuenta.

La presión de descarga del aceite a través de la válvula 9 regulable manualmente a voluntad del usuario, determina el par de frenado y por tanto el tiempo de duración de la detención del giro de los contrapesos. Dicha presión de descarga puede observarse gracias al manómetro con pulsador 12 que puede colocarse en el circuito.

Si la presión de tarado de dicha válvula se hace igual a la de la válvula 7 el tiempo de frenado es aún más corto que el de puesta en régimen, pues a él se suma la retención originada por el rozamiento.

En todo caso se puede asegurar que el tiempo necesario para la detención de los contrapesos es tan corto que hace inapreciables al observador más avezado las «temibles» sacudidas finales de la vibración de los olivos.

Como puede observarse la transformación de un circuito básico de vibración del tipo original en uno como el aquí presentado con sistema de frenado hidrostático regulable solo exige la sustitución del distribuidor original de vibración por uno igual o semejante al presentado en la figura 2, añadiendo además una válvula limitadora de presión colocada en la descarga del motor hidráulico de accionamiento de los contrapesos.

Algunos modelos comerciales de vibradores utilizan dos motores hidrostáticos de accionamiento dispuestos normalmente en serie, para su transformación basta con colocar la salida del distribuidor en la entrada del primero de los motores y la válvula de descarga en la salida del segundo de los motores.

IV.-MATERIAL Y METODOS

Con doble finalidad, docente e investigadora se construyó un vibrador multidireccional a escala reducida de los comerciales para ser utilizado como modelo matemático de ensayos.

Los siguientes esquemas muestran las características constructivas del modelo utilizado.

Las dos siguientes fotografías presentan el modelo construido y un instante de los ensayos realizados con el circuito hidráulico tradicional y con el circuito hidráulico provisto de sistema hidráulico de detención de la vibración.

El bombeo del aceite a presión durante los ensayos se hizo con un equipo portátil de la firma Roquet S.A. accionado con motor eléctrico trifásico dotado de reguladores de caudal y presión. La presión máxima admisible en el circuito es de 175 Kg/cm² y el máximo régimen alcanzable por los contrapesos es de unas 1.750 r.p.m.

V.-RESULTADOS OBTENIDOS Y CONCLUSIONES

* El equipo hidráulico diseñado y montado ha sido ensayado en laboratorio y ha

presentado un funcionamiento continuado sin problemas.

* Observando de *visum* la detención de las ramas de olivo utilizadas en los ensayos es posible asegurar que con presiones de tarado de la válvula de descarga mayores de 50 kg/cm² es imposible captar las referidas sacudidas finales de la vibración.

* En ensayos continuados del sistema se ha observado que la temperatura del aceite del depósito se mantiene prácticamente constante y es predecible un normal comportamiento de la temperatura del aceite en los modelos comerciales.

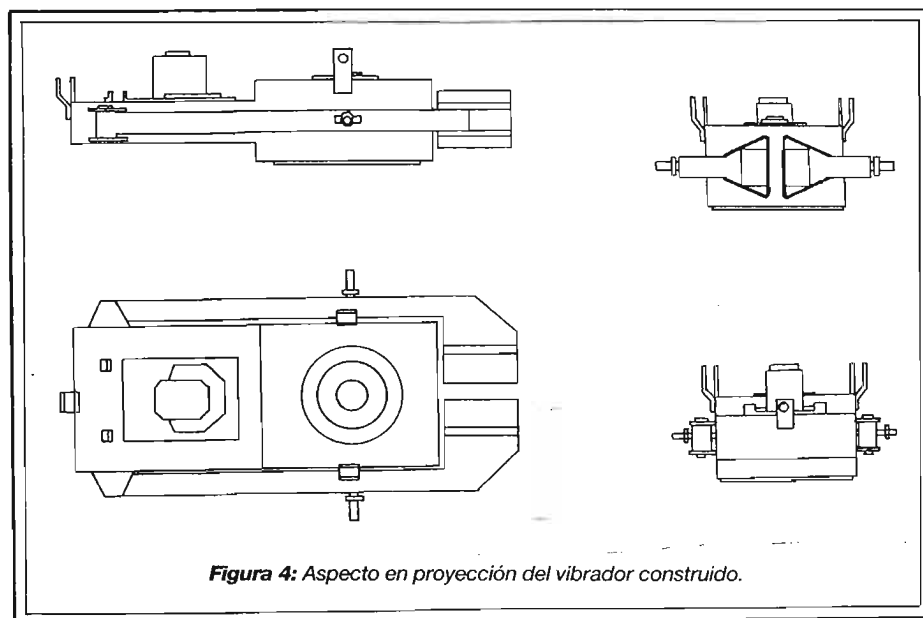


Figura 4: Aspecto en proyección del vibrador construido.

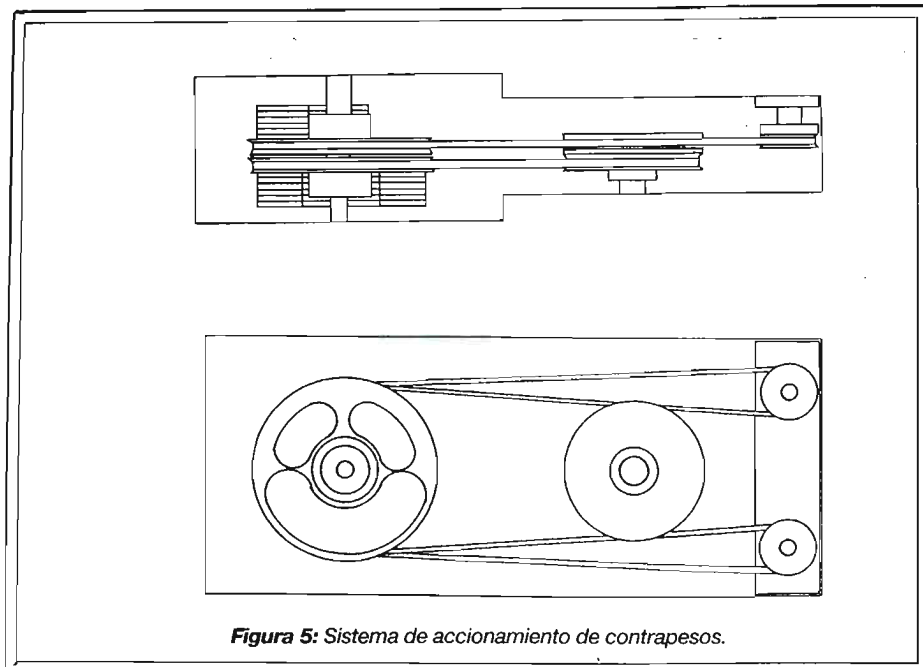


Figura 5: Sistema de accionamiento de contrapesos.

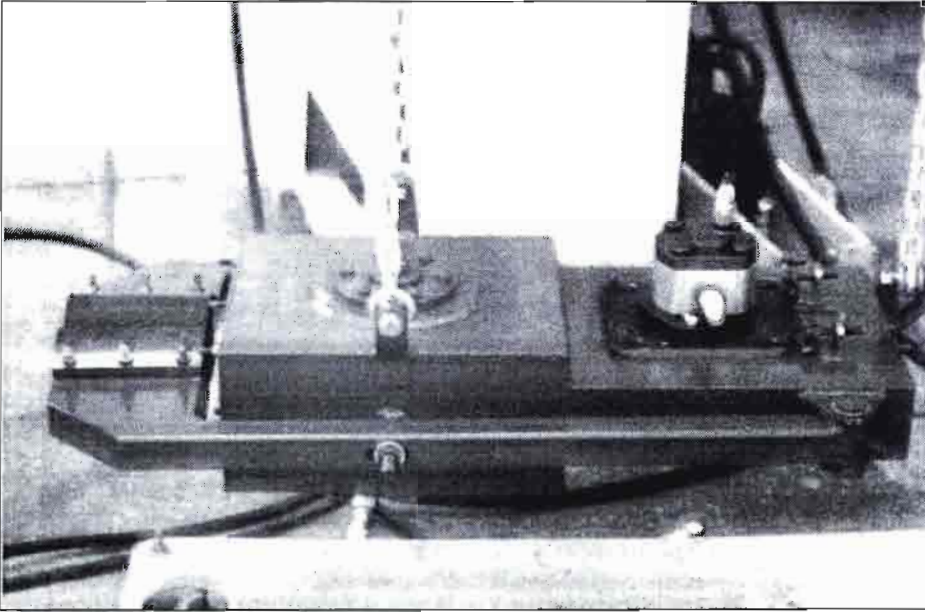


Figura 6: Vibrador multidireccional construido para los ensayos.

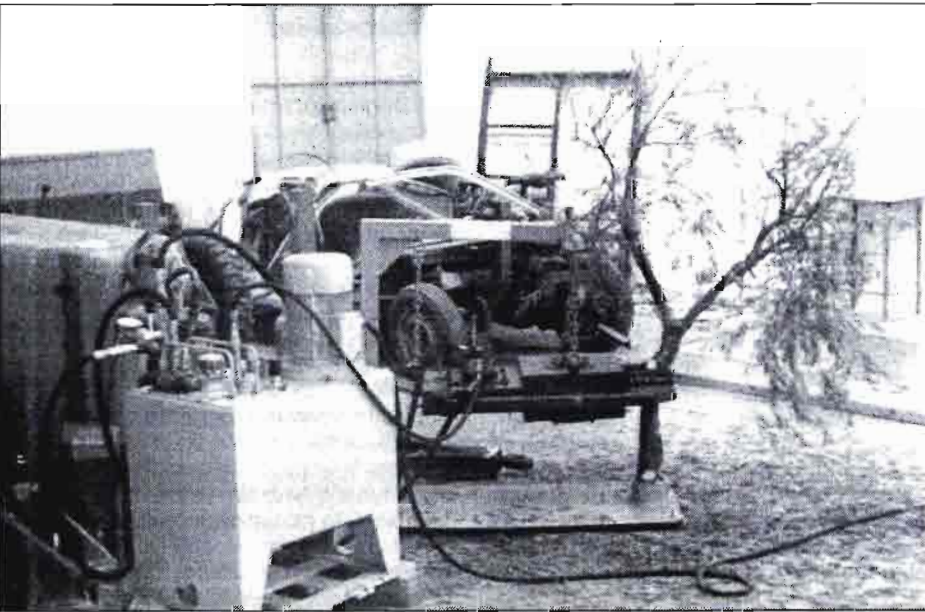


Figura 7: Ensayo de circuitos de hidrostáticos.

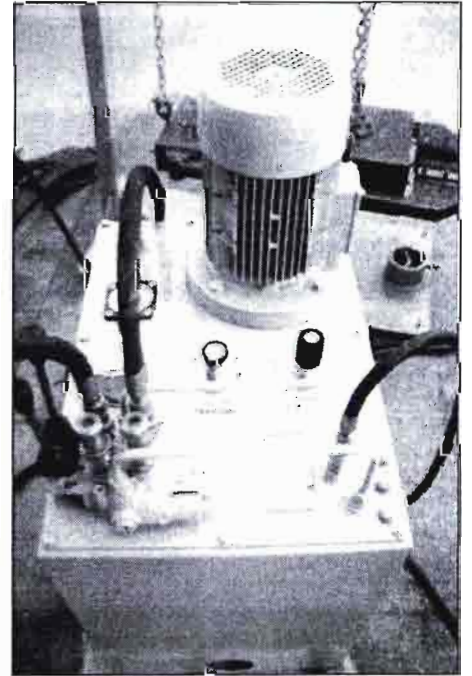


Figura 8: Equipo de bombeo utilizado en los ensayos.

* Aunque esta solución cumple los requisitos impuestos al comienzo de este trabajo, las muy variables formas de combinación de los componentes oleohidráulicos comerciales abren multitud de vías de solución a este problema. No obstante a cualquier usuario interesado en esta solución se le ofrece de forma totalmente desinteresada la ayuda que precise para su instalación.

6.-AGRADECIMIENTOS

A D. José Humanes Guillén mi ilustre maestro.

A D. Rafael Marcilla Goldaracena por su inestimable y constante ayuda.

- **DICCIONARIO DE AGRONOMIA** (*Español-Inglés-Nombres Científicos*)
Enrique Sánchez-Monge
- **METODO DE ESTIMACION DE LA EROSION HIDRICA**
Autores Varios. Profesores de la E.T.S.I.A. de Madrid