

Evolución de las máquinas de ordeño

➤ CONSTANTINO VALERO, JAIME ORTIZ-CAÑAVATE. DPTO. DE INGENIERÍA RURAL, ETSIA, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

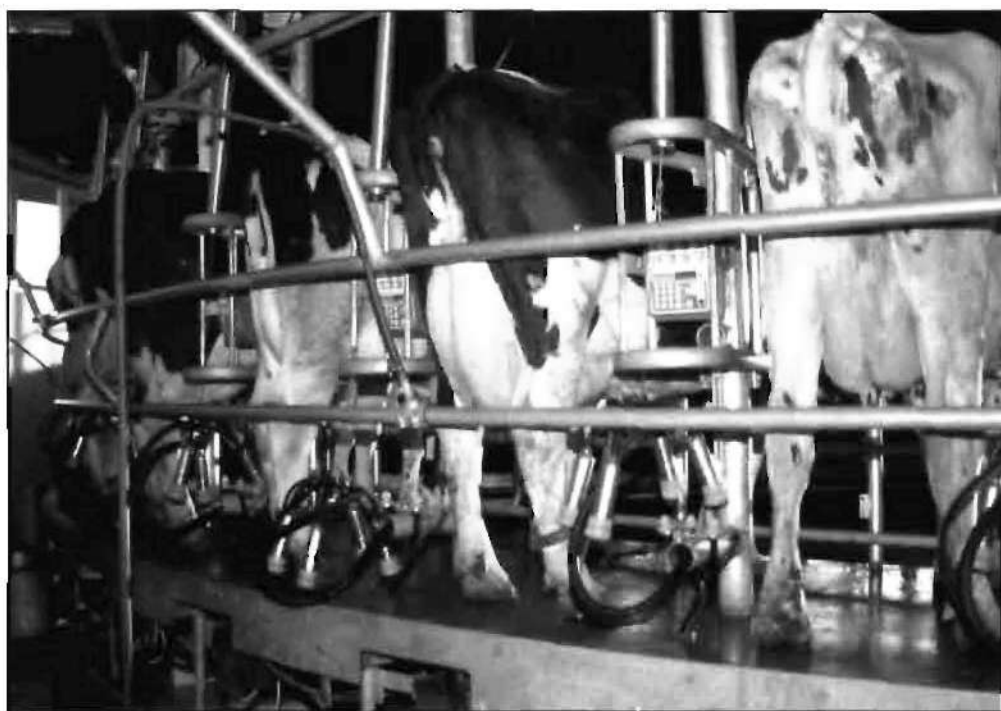
La obtención de leche es una de las técnicas más difíciles dentro de toda la actividad agraria. Esta técnica debe estar totalmente adaptada al animal para que no influya negativamente en su salud y en su capacidad de producción, sino por el contrario resulte beneficiosa y rentable. Por ello, el diseño y la aplicación de la maquinaria de ordeño requieren conocer la anatomía y la fisiología de los animales como condición necesaria para conseguir buenos resultados.

En el siglo pasado fueron realizados ya ensayos de ordeño mecanizado, y concretamente en Inglaterra, donde se intentó conseguirlo introduciendo pajas de cereales o cañones de plumas de ave en el pezón de las vacas, con objeto de fluir la leche. El resultado era una debilitación del esfínter y heridas o daños en los pezones.

Hubo dos tendencias diferenciadas para intentar mecanizar el ordeño:

La primera consistía en imitar el efecto mecánico de la mano del ordeñador mediante unos rodillos de goma accionados por elementos mecánicos, tales como discos rotativos que comprimían los pezones, expulsando así la leche. El aparato era muy complicado, voluminoso y pesado, por lo que se abandonó esta orientación.

La segunda pretendía imitar la acción absorbente del ternero, pudiendo, a su vez, elegir entre dos posibilidades: a) que la máquina aspirara continuamente, creándose un vacío parcial permanente, pero que provocaba una acumulación dolorosa de sangre en la punta de los pezones, o b) que la máquina realizara una aspiración pulsatoria, es decir, alternando periodos de depresión con periodos de descanso, del mismo modo que hace el ternero al aspirar: siempre deja un periodo de reposo entre dos chupadas, durante el cual puede fluir la leche a la cavidad del pezón.



Moderna instalación de ordeño en una explotación madrileña.

Este es el único método que se emplea en la actualidad, consiguiéndose la interrupción del periodo de aspiración por medio de un pulsador o directamente mediante una bomba de pistón. Adicionalmente se ha comprobado que esta alternancia entre succión y presión moderada ejerce un efecto favorable sobre el animal, a modo de masaje.

Hay que tener en cuenta que la vaca ha de estar adaptada al ordeño mecánico, y por ello es necesario empezar a hacerlo con vacas primíparas, o a lo sumo secundíparas. De todos modos, siempre las vacas jóvenes se ordeñan mejor que las viejas.

El rendimiento del ordeño mecánico (1,50 – 2,50 l/min) es aproximadamente doble del manual (0,75 – 1,25 l/min).

Elementos de las ordeñadoras mecánicas

Las ordeñadoras mecánicas constan de una bomba para producir la depresión necesaria, de un pulsador para distribuir

los tiempos de aspiración y de descanso y de un aparato ordeñador con utensilios para absorber la leche de la ubre, mangueras de leche y de aire y depósito almacenador de la leche.

a) Aparato ordeñador. Se compone de cuatro pezoneras, cada una de las cuales consta de dos tubos, uno de ellos lateral que conecta con el pulsador y el otro inferior de aspiración de leche. Las pezoneras tienen una envoltura exterior rígida y una vaina interior de goma o tetina, separando dos cámaras: una interior donde se introduce el pezón y otra intermedia donde se alternan por causa del pulsador la presión atmosférica y una depresión, que provoca una acción de prensado intermitente sobre el pezón. La cámara interior de la pezonera está unida al sistema de vacío con una depresión constante alrededor de 0,5 bar que es la misma que se ejerce en la cámara intermedia cuando el pulsador establece la depresión. En este caso el pezón deja de estar comprimido por la vaina de goma y la leche fluye a consecuencia de la depresión ejercida (fase

(*) El texto de este artículo, que trata sobre los equipos de ordeño, es un extracto de la nueva edición del libro "Las máquinas agrícolas y su aplicación", del que es autor Jaime Ortiz-Cañavate.

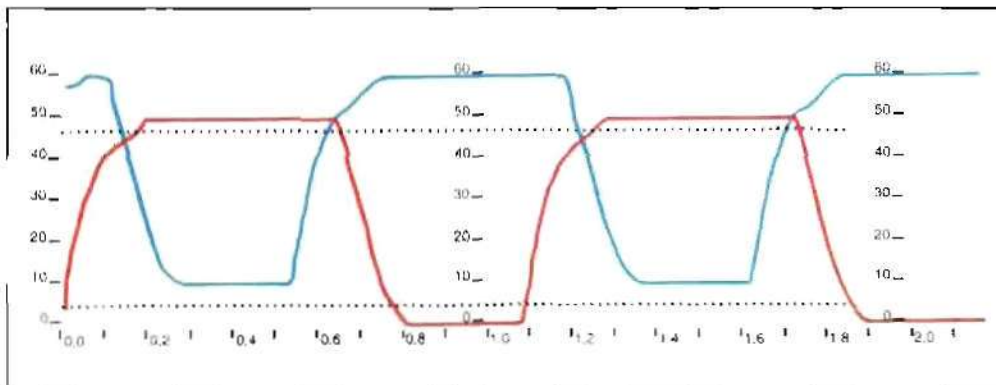


Fig.1.-Ciclo de pulsación aspiración/reposo (Manus).

de aspiración). Por el contrario, si la cámara intermedia está a la presión atmosférica, la vaina de goma aprieta el pezón, con lo que la leche deja de fluir (fase de reposo). La leche proveniente de las cuatro pezoneras se reúne en el colector de leche.

b) Pulsador. El conjunto de la fase de aspiración y la fase de reposo constituye una pulsación. (Figura 1).

Aunque el ternero al mamar realiza de 100 a 130 chupadas por minuto, el número de pulsaciones óptimo en las máquinas de ordeño es de 40 a 60 por minuto, ya que resulta imposible imitar exactamente la forma de mamar de un ternero. La relación entre el tiempo de reposo y de aspiración puede ser de 1:1, 1:2, 1:3 e incluso 1:4, realizándose en estos últimos casos más rápido el ordeño, llegando a caudales de hasta 5 l/min. Se ha comprobado que un valor aconsejable para el ordeño mecánico es cuando se realizan 60 pulsaciones por minuto, para una relación reposo/ aspiración de 1:3 y una depresión de 0,45 bar. La frecuencia de pulsación debe mantenerse constante durante todo el ordeño.

La regulación de pulsaciones se realiza mediante un pulsador de tipo neumático o eléctrico. Dicho pulsador suele estar situado sobre el colector de leche.

c) Bomba de vacío. Se trata generalmente de una bomba de paletas o también puede ser de pistón o émbolo, que debe producir la depresión indicada de 0,45-0,5 bar (320 a 380 mm de Hg) a lo largo de toda la conducción. La bomba y el motor eléctrico suelen ir juntos con el recipiente de vacío, el cual va provisto de una válvula de seguridad y un vacuómetro indicador de la depresión. La potencia del motor depende de la capacidad de la bomba, siendo de unos 0,2 kW por cada aparato de ordeño ($N = 0,2 \cdot n$ kW), y el caudal de la bomba $\sim 150 + 60 \cdot n$ l/min (n: número de aparatos de ordeño).

El regulador de vacío mantiene la depresión entre un ± 3 por 100 del valor fijado.

Existe la posibilidad de que actúe la bomba de pistón sin pulsador, siendo el tipo de ordeñadora que se emplea fundamentalmente en el ordeño en el pasto. En este caso tenemos también la fase de aspiración y la fase de compresión, ejercidas por el pistón de la bomba, la válvula reguladora de la depresión, la pezonera, el depósito, la válvula de paso del aire y el vacuómetro.

Tipos de instalaciones de ordeño

Las instalaciones de ordeño se dividen en dos grupos principales: las instalaciones

generalmente motores eléctricos. En las instalaciones de ordeño en el pasto llegan a usarse también motores de combustión interna, así como la toma de fuerza del tractor cuando no es posible una conexión a la red de energía eléctrica. Se han desarrollado incluso pequeñas unidades móviles de ordeño adaptadas a un motocarro de montaña con objeto de poder acceder a rebaños dispersos en zonas con escasa mecanización.

a) En las instalaciones de ordeño con cubos se intercala un cubo de ordeño entre el aparato de ordeñar y la tubería de vacío, constituyendo un recipiente para recoger leche. Distinguimos dos tipos de cubos: 1) Los apoyados en el suelo, pudiendo ser de tipo individual, con una capacidad de unos 20 litros, o de tipo doble para dos vacas a la vez, con un solo cubo y un pulsador, pero con dos juegos de pezoneras, que resultan más baratos de adquisición, pero que tienen el inconveniente de que hay que esperar a que esté completamente ordeñada la segunda vaca y también son más difíciles de manejar, especialmente cuando están llenos, ya que tienen una capacidad de 30 a 40 litros, y 2) Los colgados o suspendidos, que se sitúan bajo la panza del ani-



Sala de ordeño rotativa es espina de pescado (Westfalia Separator).

de ordeño con cubos y las instalaciones de ordeño con tubería. En las salas de ordeño modernas se emplean normalmente instalaciones de ordeño con tubería por su mayor grado de mecanización. En los pastos se utilizan ambas modalidades. Para el accionamiento se emplean

mal mediante un cinturón que se pone a la vaca. La tracción sobre la ubre parece tener un efecto positivo en el proceso de ordeño.

b) En las instalaciones de ordeño con tubería se lleva la leche a un tanque o a unos bidones o cántaras de gran capaci-



Instalación de ordeño en una explotación caprina.

dad en sustitución del cubo. La capacidad de los tanques isotermos, que mantienen la leche enfriada durante uno a tres días, llega hasta los 5.000 litros. Este tipo de instalaciones tiene cierto número de puntos comunes con las clásicas de ordeño con cubos, como son: bomba, canalización de vacío, válvula reguladora, depósito de aire, vacuómetro, pulsador, colector, etc. La diferencia estriba en que paralela a la tubería de vacío va la tubería de transporte de leche, que suele ser de plástico transparente o de acero inoxidable. También aquí puede haber aparatos individuales de ordeño, que resultan más prácticos, o de tipo doble para dos vacas a la vez, que son más baratos.

En el equipo básico distinguimos los siguientes elementos: 1, conjunto motor-bomba y depósito de vacío; 2, recipiente colector de descarga automática; 3, pulsador de limpieza; 4, válvula de control; 5, derivación para el lavado; 6, tubería flexible para leche y lavado; 7, tubería flexible de vacío; 8, pinza de cierre; 9, tapadera para el llenado de bidones; 10, manguera de unión; 11, autolavador; 12, conducto de aire; 13, llave del conducto de leche; 14, llave del conducto de vacío; 15, pulsador con su soporte; 16, aparato de ordeño; 17, elemento de unión; 18, tubería transparente de leche, y 19, tubería transparente de retorno para limpieza en circuito cerrado.

La diferencia que existe entre el ordeño mecánico en plaza o en sala estriba en que en el primero se llevan las máquinas de ordeño a las vacas, mientras que en el segundo se llevan las vacas a donde están los aparatos de ordeño. La sala de ordeño resulta especialmente adecuada en combinación con establos de reses sin sujeción.

En la práctica han dado buen resultado diversas formas de instalaciones con objeto de racionalizar el movimiento de las vacas dentro de la sala de ordeño. Así, tenemos:

a) Plazas transversales: son aquellas en que las vacas durante el ordeño están dispuestas transversalmente al pasillo de entrada de las reses. b) Plazas en tándem; en ellas las vacas están situadas paralelamente al pasillo de trabajo del ordeñador estando de 0,75 a 0,85 m sobre el nivel de este pasillo. c) Plazas en túnel o en doble tándem, donde la entrada y salida

disposición, que ahorra espacio, los aparatos de ordeño quedan más cerca unos de otros, con lo que los trayectos de trabajo son menores. También existen salas de ordeño de tipo circular o en carrusel giratorio, para 10 ó 15 vacas a la vez o más, donde los ordeñadores no tienen que cambiar la posición, aunque este sistema todavía es poco frecuente.

Dentro de los tipos de instalaciones de ordeño resulta obligado citar las salas de ordeño de ovejas, que pueden ser asimismo transversales, en espina de pescado o de tipo circular. El aparato de ordeño es más reducido que en el caso de vacas y tiene dos pezoneras en lugar de cuatro. El número de pulsaciones es mayor: de 150 a 180 por minuto, y la relación reposo/aspiración debe estar comprendida entre 1:1 y 1:2.

Maquinaria de ordeño avanzada

El aumento del número de cabezas que debe atender el vaquero durante el ordeño hace cada vez más difícil la atención individual de cada animal. Por ello se hace necesario un dispositivo de desco-



Sala de ordeño en espina de pescado (Alfa Laval Agri).

de las vacas se realiza en grupos. d) Plazas en espina de pescado: también aquí las vacas entran y salen por grupos y se colocan oblicuamente en las plazas situadas en ambas mitades del local. Gracias a esta

nexión automática del aparato de ordeño. Vamos a ver cómo funciona uno de estos dispositivos.

La leche proveniente del aparato de ordeño y antes de entrar en la tubería

pasa a través de una cámara con un flotador. Si el caudal es inferior a 0,2 l/min, el flotador desciende, interrumpiéndose un contacto eléctrico, por lo que a través de la caja de mando se pone en funcionamiento una válvula electro neumática. Ésta, a su vez, acciona un cilindro neumático que interrumpe la succión en el aparato de ordeño, por lo que éste se separa de la ubre, quedando suspendido por el cable.

El avance y abaratamiento de la electrónica han hecho posible el desarrollo y popularización de controladores electrónicos de los aparatos ordeñadores o unidades de ordeño. Estos pequeños dispositivos acoplados a las conducciones de leche y vacío de los puestos de ordeño permiten medir los rendimientos lecheros conjuntos y de cada animal, lo cual es imprescindible para calcular con precisión las raciones alimenticias correctas. Además estos controladores electrónicos manejan automáticamente la pulsación de succión, el flujo de leche, el tiempo de las fases de ordeño, y la desconexión automática.

La integración de estos dispositivos con los de identificación electrónica del ganado (cada animal está provisto de collar emisor o chip que envía una señal cuando transita por lugares singulares del establo), junto con los de racionamiento automático de alimentos (dosificación computerizada según las necesidades de cada animal), ha posibilitado la aparición de sistemas de control de explotaciones más complejos.

Un ejemplo de ello es la aparición en el mercado del robot de ordeño, con el que la automatización del ordeño llega a su grado máximo. También llamados sistemas de ordeño a voluntad, combinan los dispositivos automáticos mencionados con la racionalización de las explotaciones agropecuarias y la revisión de los sistemas de estabulación. Ideados para ser instalados en explotaciones con establos en régi-

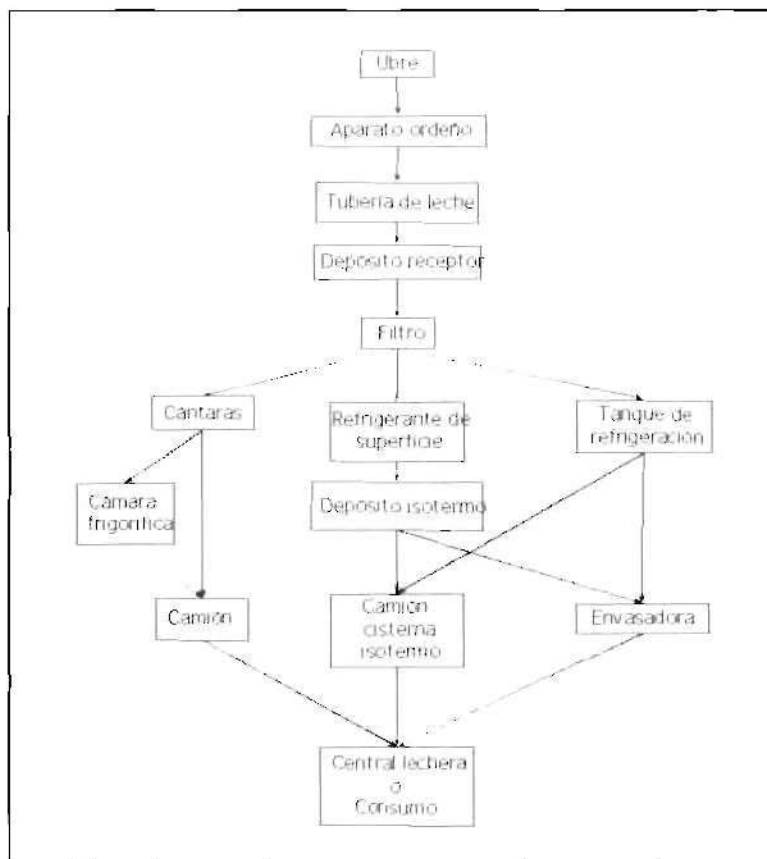


Figura 2.-Flujo de leche desde la ubre hasta el lugar de consumo.

men de semi-libertad (ganado estabulado no inmovilizado), cuando cada vaca "desea" ser ordeñada, accede al sistema, se la identifica electrónicamente y se completa el proceso de ordeño de forma automática, a la vez que se alimenta.

Según modelos, el robot atiende a 1-4 plazas de ordeño alineadas o en tándem y coloca las pezoneras una por una en la ubre de la vaca. El brazo del robot puede disponer de diferentes tipos de sensores (visión artificial, láser y ultrasonido) siendo el tiempo total de colocación de las pezoneras de unos 90 segundos. Una vez que se interrumpe el flujo de leche, cada pezonzera es retirada por desconexión automática y a continuación las 4 pezoneras se limpian y desinfectan; 2 veces al día la instalación de ordeño es limpiada convencionalmente a fondo.

Este sistema de ordeño presenta claras ventajas en cuanto a mano de obra, resultando además beneficioso para el rendimiento lechero de los animales, que se puede ver estimulado: está comprobado

que la producción de leche es mayor y el animal se encuentra más a gusto si es ordeñado 3 o más veces al día.

Limpeza de la instalación

La limpieza y desinfección de la instalación de ordeño tiene por objeto mantener el contenido de gérmenes tan bajo como sea posible, para evitar que la leche se estropee. El proceso consta de los siguientes pasos: enjuague previo, limpieza propiamente dicha y desinfección.

El enjuague debe realizarse con agua de 25 °C a 30 °C y debe seguir inmediatamente al ordeño, manteniéndolo hasta que el agua deje de tener restos de leche y salga bastante clara.

La limpieza se realiza con detergentes solamente o con detergentes con producto desinfectante, introduciéndose en los tubos esponjas o cepillos cilíndricos que circulan por toda la instalación.

La desinfección puede conseguirse mediante procedimientos físicos (agua o elevada temperatura o vapor) o productos químicos (hipocloritos, yodofosfatos o incluso sosa cáustica), que deben ser posteriormente perfectamente eliminados con una limpieza a fondo.

Antes la limpieza se realizaba manualmente, pero ahora se prefiere la limpieza automática, lo cual resulta esencial, ya que elimina la mano de obra y reduce los costes de funcionamiento al dosificar el agua, los productos químicos y la energía eléctrica.

Enfriamiento de la leche

La leche, para que no se estropee, debe enfriarse en el plazo de tres horas a una temperatura de 4° C (norma DIN 8968), en el caso de que la leche no se expida antes de 4 horas de la granja.

Como sistemas de refrigeración tenemos en primer lugar los de superficie, fluyendo la leche por el exterior de una superficie formada por un conjunto de tubos de acero inoxidable, mientras que el refrigerante pasa por el interior de los tubos.

El sistema más empleado, que sirve al mismo tiempo de almacenaje de la leche, es el tanque de refrigeración con capacidades comprendidas entre 200 y 2.500 litros.

CUADRO I. Capacidad de trabajo en el ordeño mecánico.

Número de ordeñadores	Número de aparatos	Capacidad de trabajo (Nº de vacas ordeñadas por hora)
1	1	10-15
1	2	15-22
2	3	18-27

con un sistema de refrigeración interior, una pared aislante y un elemento agitador.

Rendimientos

En el ordeño mecánico, lo mismo que en el realizado a mano, es necesario un tratamiento previo de la ubre con objeto de estimular a la vaca para que entregue más rápidamente la leche, que dura 0,3 -1 min. A continuación se coloca el aparato y comienza el ordeño mecánico propiamente dicho, que dura del orden de 3-5 min, según la cantidad de leche que suministre la vaca (ya indicamos que el rendimiento del ordeño mecánico es de 1'50 -2'50 l/min). Cuando cede el flujo de la leche, se puede realizar el agotado a máquina. Para ello se presiona levemente hacia abajo el aparato de ordeño con una mano y con la otra se da un fuerte masaje a la ubre.

Un ordeñador puede atender simultáneamente a dos aparatos, con lo que el rendimiento aumenta, aunque debe cuidar que no funcione el aparato en vacío, pues puede producir una irritación en la ubre.

Así podemos dar los siguientes rendimientos que se reflejan en el **cuadro I**.

En los locales de ordeño se aplican estos mismos criterios, pero el número de aparatos que puede manejar un operario es de cuatro o cinco, e incluso más. En los locales en espina de pescado o en los modernos circulares o en carrusel giratorios, un operario atiende simultáneamente de cuatro a ocho aparatos, con rendimiento de 40 y aún más vacas por hora. Para ello se emplean máquinas de poco rendimiento de aspiración, lo cual ocasiona que la duración del ordeño mecánico sea mayor por vaca, a pesar de lo cual no se consigue evitar los tiempos de ordeño ciego, debido a que el operario no puede supervisar la marcha del ordeño de cada vaca. Modernamente, mediante los dispositivos de desconexión automática de las pezoneras de la ubre se consigue que no haya tiempos muertos de ordeño que tan perjudiciales son para las vacas.

Como ejemplo vamos a calcular el tiempo que tarda un vaquero y su ayudante en ordeñar 80 vacas en una sala en espina de pescado de 2/5 plazas. Las vacas entran y salen de 5 en 5, el tiempo de preparación es de un minuto y el de ordeño de 5 minutos por vaca. Se supone

que el vaquero realiza el masaje y la colocación y desenganche de las pezoneras, mientras que el ayudante atiende el movimiento del ganado y a la distribución del pienso concentrado.

El vaquero tarda 5 minutos en dar masaje y colocar las pezoneras a cada lote de 5 vacas.

Al terminar el minuto sexto, la primera vaca ha terminado de ser ordeñada, pero ya el vaquero ha terminado de preparar la primera vaca del lote de enfrente, pasando las pezoneras de una a otra. De este modo se van pasando las pezoneras de un lado a otro y las 10 vacas se ordeñarían en quince minutos.

Si se tuviera el movimiento de ganado perfectamente organizado, podría cambiarse el primer lote mientras se ordeña el segundo y empezar con su preparación y colocación de pezoneras simultánea. Pero la experiencia muestra que eso es muy difícil, por lo que suponemos ciclos de 15 minutos para cada 10 vacas, lo cual supone dos horas de ordeño para las 80.

Por último, vamos a dar un esquema de los caminos que puede recorrer la leche desde que sale de la ubre de la vaca hasta el centro de consumo. (**Figura 2**).