



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS
AGRARIAS**

Máster en Ingeniería Agronómica

**“Estudio del impacto de la instalación de
robots de ordeño en una explotación de
vacuno de leche”**

Estudiante: Enrique Giménez Gómez

Tutor: Jesús Ángel Baro de La Fuente

Septiembre de 2025

ÍNDICE

1.	RESUMEN.....	5
2.	INTRODUCCIÓN	8
3.	OBJETIVOS.....	13
4.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
4.1.	SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR VACUNO LECHERO A NIVEL MUNDIAL	18
4.2.	ROBOTS DE ORDEÑO	26
4.2.1.	Lely Astronaut A5	28
4.2.2.	DeLaval VMS V310.....	43
4.2.3.	GEA DAIRYROBOT R9500	47
4.3.	BIENESTAR ANIMAL	49
4.3.1.	Bienestar animal en el vacuno de leche: ordeño voluntario.....	50
4.3.2.	Cojeras y otros problemas de pezuñas	52
4.3.3.	Collares inteligentes: salud ruminal y reproductiva.....	53
4.3.4.	Welfare Quality	55
4.4.	ALIMENTACIÓN.....	57
4.4.1.	Nutrición de precisión	59
4.4.2.	Alimentación en el robot.....	60
4.4.3.	Digestibilidad de los forrajes.....	63
4.4.4.	Nuevas tecnologías en la alimentación de los animales.....	64
4.5.	CONSTRUCCIONES E INSTALACIONES EN LA EXPLOTACIÓN	68
4.5.1.	Diseño de naves: tráfico libre.....	70
4.5.2.	Zona del robot	71
4.5.3.	Área de espera	73
4.5.4.	Zona de separación.....	74
4.5.5.	Otras zonas de la explotación.....	75
4.5.6.	Robots de limpieza sobre suelo de rejilla.....	75
4.5.7.	Instalaciones: conducciones y tuberías.	77
4.6.	ESTRETEGIAS DE CONTROL LECHERO	79
4.6.1.	Protocolos de Control Lechero Oficial.....	80
4.6.2.	Desafíos para el Control Lechero Oficial.....	81
4.7.	PROGRAMA DE GESTIÓN DEL ROBOT	85
4.7.1.	Lely Horizon	86

5.	RESULTADOS.....	96
5.1.	HABITUACIÓN E INICIO DEL ORDEÑO ROBOTIZADO	97
5.1.1.	Periodo de habituación	98
5.1.2.	Toma de coordenadas	100
5.1.3.	Inicio del ordeño robotizado	102
5.1.4.	Paso del posparto al robot de ordeño	104
5.2.	MEJORA DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE.....	107
5.2.1.	Aumento de la producción	108
5.2.2.	Mejora de la calidad	110
5.2.3.	Calidad fisicoquímica.....	114
5.3.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	116
5.3.1.	Precios	117
5.3.2.	Costes	119
5.3.3.	Amortizaciones.....	122
5.3.4.	Umbrales de viabilidad.....	124
6.	DISCUSIONES	125
7.	CONCLUSIONES	128
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	130

1. RESUMEN

RESUMEN

Este estudio analiza el impacto de la instalación de sistemas robotizados de ordeño en una explotación ganadera de vacuno lechero. Se centra especialmente en cómo este cambio tecnológico afecta al manejo de la ganadería, la organización del trabajo, la salud y reproducción de los animales, así como a la productividad general de la explotación. La transición desde un sistema tradicional de ordeño en sala hacia uno robotizado supone una serie de modificaciones tanto en las instalaciones como en las rutinas diarias. Entre los principales cambios se encuentran la necesidad de adecuar espacios para albergar al robot, crear zonas de espera y garantizar un correcto flujo de animales, todo ello con el objetivo de facilitar su adaptación al nuevo sistema. La introducción de robots de ordeño permite una gestión más precisa y personalizada de cada vaca, pues recopila información sobre su comportamiento, salud y producción de leche, y la calidad de esta. Esta información se refleja en informes detallados que ayudan al ganadero a tomar decisiones más rápidas y acertadas. Por ejemplo, se pueden detectar enfermedades como mamitis de forma precoz o identificar los momentos óptimos para la inseminación gracias al monitoreo de la actividad física de los animales. Además, el uso de sensores permite analizar la calidad de la leche durante el ordeño, mejorando el control sanitario tanto individual como colectivo. El periodo de habituación de las vacas al robot es crucial y requiere intervención directa del personal. Durante esta fase, se pretende que los animales aprendan progresivamente a usar el robot, aunque inicialmente presentan varias complicaciones. Las novillas suelen adaptarse antes que las vacas multíparas, probablemente porque no han tenido contacto previo con el ordeño tradicional. Una vez superado este período, los animales incrementan su frecuencia de ordeño, lo que contribuye a mejorar la producción de leche y la salud de la ubre. También se aborda la importancia de otros dispositivos complementarios, como los sistemas automáticos de alimentación y limpieza, que permiten optimizar recursos y reducir la carga laboral.

Se presta atención al análisis de los costes, la inversión inicial es elevada e incluye aspectos como la construcción de nuevas instalaciones, modificación de espacios existentes, adquisición de equipos y formación del personal. No obstante, se espera que estos gastos se compensen con el tiempo gracias a una mayor eficiencia operativa y proporcionen una mejora en la rentabilidad de la explotación, principalmente por dos aspectos clave: el aumento de la producción y la reducción de los costes de personal. El estudio concluye que la incorporación de robots en el ordeño implica importantes beneficios, siempre que se realice una planificación adecuada y se respeten las necesidades tanto de los animales como del personal encargado de

su manejo. La tecnología permite avanzar hacia una ganadería más sostenible, precisa y orientada al bienestar animal.

2. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años, los avances que ha habido en el desarrollo de la tecnología en todos los ámbitos ha sido fabuloso. Desde la aparición de los primeros ordenadores hasta los últimos modelos de inteligencia artificial, no se ha parado de desarrollar y crear elementos tecnológicos que nos faciliten la vida. Todos estos descubrimientos han afectado a todos los ámbitos de la vida: trabajo y sector laboral, tareas domésticas, relaciones personales, etc. Y la agricultura y ganadería no se quedan atrás en la constante implementación de maquinaria nueva y uso de programas que hagan más fácil y eficiente el trabajo de los trabajadores del sector primario.

Desde ámbitos ajenos al sector agrario siempre se ha considerado que este representa un trabajo tosco y que requiere pocas habilidades, especialmente la ganadería, algo que dista mucho de la realidad. Actualmente, el nivel de tecnificación de las explotaciones agropecuarias es mucho más alto de lo que gran parte de la sociedad cree, pues el uso de drones, mapas de precisión, sistemas GPS, sensores y robots está cada vez más extendido por este sector. Concretamente, en este trabajo vamos a centrarnos en el estudio del impacto que supone el paso de un ordeño en una sala convencional a un ordeño robotizado en una explotación de vacuno lechero.

En las últimas décadas el sector del vacuno lechero en España no ha tenido unas cifras de eficiencia y rentabilidad muy positivas y esperanzadoras, sino que ha tenido más bien todo lo contrario. El bajo precio de la leche y la falta de mano de obra han sido dos problemas que han marcado el desarrollo de este sector, a los que se ha sumado el encarecimiento de los costes de producción en los últimos años. Por esta razón muchas de las pequeñas explotaciones, principalmente de la zona norte del país, se han visto obligadas a parar la actividad y cerrar sus puertas. Según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, “el número de vacas de ordeño en España se ha reducido en un 28,6% en los últimos veinte años, pasando de 1.117.670 vacas en el año 2003 a 797.878 en el año 2022” (Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, 2023). Siguiendo con los datos que nos ofrece el ministerio, el censo de ganaderos productores de leche en España también ha decrecido de manera marcada en los últimos años: “en el año 2005 había en España un promedio de 33.680 ganaderos (Fuente FEGA). Esto supone una diferencia del 67% menos en los momentos actuales (11.016 promedio de ganaderos en 2022)”. Es decir, entre 2005 y 2022 se ha perdido

anualmente entre un 4% y un 17% de las explotaciones, estabilizándose en un 5,5-6,5% desde 2015 por la eliminación del régimen de cuotas lácteas.

El régimen de cuotas lácteas fue un sistema de control de la producción de leche mediante cuotas lácteas, que era “la cantidad de referencia individual de leche, expresada en kilogramos y vinculada a un contenido de materia grasa expresado en porcentaje, asignada a cada explotación” (Real Decreto 347/2003, de 21 de marzo). Con su eliminación comenzó una tendencia al aumento de la producción, a pesar de que algún año no se ha producido tal crecimiento, sino que se redujo con respecto al año anterior.

Sin embargo, un aspecto positivo es el aumento de los rendimientos tanto por explotación como por animal, pues a nivel nacional se produce más leche con menos explotaciones y menos animales. Según el informe del Ministerio de Agricultura, en 2022 el rendimiento anual medio por explotación fue de 630.235 kg de leche, lo que supone un 256% más que en 2008, un crecimiento desorbitado. Además, el rendimiento por vaca ha crecido un 45% con respecto a 2008, situándose en 9.179 kg en 2022.

Este aumento de la eficiencia y rendimiento de las explotaciones se debe a varios parámetros, pero fundamentalmente a tres: mejora genética, mejora en la alimentación y mejora en la salud de los animales. Estas son las tres bases donde se apoya el desarrollo y crecimiento de cualquier explotación ganadera, y las tres son absolutamente imprescindibles y complementarias. De poco vale tener los animales con la mejor genética, con un potencial de producción muy alto, si luego no les aportamos los suficientes nutrientes como para que lo puedan expresar. La tendencia del sector nos indica que en el futuro se mantendrán las explotaciones más grandes y mejor preparadas, y aquellas más pequeñas se verán relegadas a un mercado en el que deberán sumar un valor añadido a la leche. Por eso es fundamental cuidar estos tres aspectos si se quiere competir a media y gran escala en el sector lácteo.

En esta fase de mejora en la eficiencia y rentabilidad de las explotaciones sale a la palestra el tema que nos ocupa, que no es otro que la implementación de robots de ordeño en una explotación de vacuno lechero. Ya se hizo mención con anterioridad al actual problema de la escasez de mano de obra en el sector ganadero. La falta de trabajadores que realicen tareas mecánicas y poco atractivas hace que muchos ganaderos no puedan sacar adelante su trabajo como a ellos les gustaría. Por eso, la instalación de robots de ordeño es una salida muy interesante a pesar de su alto coste. Veremos que no todas las explotaciones pueden permitirse

realizar una inversión importante de dinero, pero es una inversión frutífera y que puede darnos beneficios durante años.

Los robots de ordeño llevan operando en las granjas desde hace más de 30 años (Jacobs y Siegford, 2012), aunque actualmente se encuentran en la fase de expansión y asentamiento más importante que ha habido desde su invención. Según la revista Frisona Española, “en 2019 las ganaderías socias de CONAFE con ordeño automatizado representaban solo el 12% del total de ganaderías. Sin embargo, en 2024 dicho porcentaje ya ha alcanzado el 25%” (N. Charfeddine et al., 2025). Podemos ver la evolución de estos datos de forma clara en la gráfica representada en la figura 2.1 y ver cómo el mayor crecimiento se ha producido en los últimos cinco años.

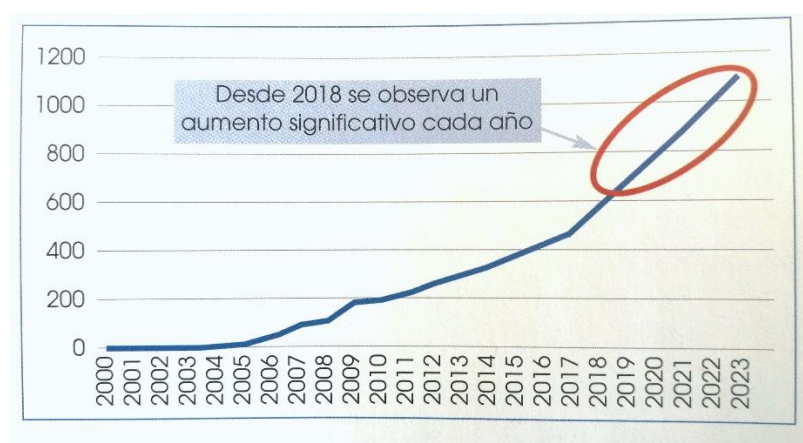


Figura 2.1. Evolución del número de ganaderías con robots de ordeño en CONAFE durante las últimas dos décadas (Charfeddine et al., 2025). (Fuente: Revista Frisona Española, n.º 266).

Al igual que ha aumentado el número de ganaderías que se han decantado por la instalación de ordeño, estas máquinas también han mejorado su tecnología y mecanismos, llegando a un grado de precisión, comodidad y fiabilidad que parece difícil de superar. Esta evolución también ha ayudado a mejorar la producción, eficiencia y rentabilidad de las granjas donde han sido instalados. Uno de los últimos estudios más interesantes de los últimos años es el realizado en 2020 por Elio López García, titulado “Evaluación de las mejoras productivas y reproductivas con la implantación del robot de ordeño” al que haremos mención y tomaremos referencias para explicar ciertos aspectos del estudio. Además, los robots de ordeño han conseguido aumentar la producción de las explotaciones, llegando en algunos casos a un aumento bastante importante. Según un estudio de la American Dairy Science Association, “los sistemas de ordeño automático tienen el potencial de aumentar la producción de leche hasta en

un 12%, reducir la mano de obra hasta en un 18% y, al mismo tiempo, mejorar el bienestar de las vacas lecheras al permitirles elegir el momento del ordeño” (Jacobs y Siegford, 2012).

Aunque existan varias marcas que fabriquen sus modelos de robot de ordeño, en España la más eficiente y, por ello, extendida, es Lely, una empresa de tecnología ganadera sobre la cual basaremos el desarrollo de este trabajo. Lely no solo fabrica robots de ordeño, si no que ofrecen una amplia gama de maquinaria complementaria que tecnifica y ayuda a desarrollar varias tareas del día a día de la explotación. A pesar de que nos centraremos en el estudio del robot y su impacto, haremos mención a varias de estas máquinas.

Analizaremos el impacto que tiene el paso a un ordeño robotizado en los distintos aspectos que engloban a la explotación: la nueva distribución de las instalaciones o el diseño de las construcciones, el reajuste de las raciones y la aplicación de la nutrición de precisión, la mejora del bienestar animal, cómo afecta a la calidad y cantidad de leche producida, etc. Se procurará recoger tanto los aspectos positivos como los negativos, procurando ofrecer soluciones a los problemas y plasmar algún consejo desde la experiencia de haberlo conocido que pueda mejorar la dinámica de trabajo en otras explotaciones.

Por último, trataremos los aspectos económicos que, como hemos dicho anteriormente, suponen el principal inconveniente de la instalación de robots. Analizaremos los costes de instalación, recogiendo las distintas partidas presupuestarias que se necesitan para ello, además de analizar las amortizaciones y sus periodos, para poder estimar la viabilidad de su compra. También se realizará un cálculo de aproximación para saber las dimensiones que debe tener una explotación para que sea rentable comenzar esta transición, es decir, cuantas vacas en ordeño debe tener la granja para que les sea rentable adquirir un robot de ordeño.

3. OBJETIVOS

OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden cubrir con la realización de este trabajo se pueden esquematizar de la siguiente forma:

- Describir el proceso de instalación de robots de ordeño y las condiciones necesarias para ello.

Para poder analizar los cambios que se producen en la explotación y poder valorarlos, primero debemos conocer el proceso de instalación y comienzo de trabajo con los robots de ordeño. Por ello, el primer objetivo de este trabajo es describir cuáles son los aspectos en los que se debe prestar especial atención y los pasos que deben darse para hacer una correcta transición hacia un ordeño robotizado.

- Analizar las dinámicas de trabajo e instalaciones de una explotación de vacuno lechero con robots de ordeño.

Al igual que en el anterior apartado, otro de los objetivos de este estudio es la descripción de las dinámicas de trabajo que se llevan a cabo en el paso de un ordeño convencional en sala a un ordeño robotizado. En este objetivo adquiere un peso importante el análisis del periodo de habituación e inicio al ordeño, pues implica un gran porcentaje de las tareas de los trabajadores.

- Analizar los cambios que genera la instalación de robots de ordeño en distintos ámbitos de la explotación.

A pesar de ser muy general y amplio, este es el principal objetivo que motiva realizar este trabajo. Los cambios que genera la instalación de este sistema son múltiples y de diversa índole, pues abarcan todos los ámbitos del trabajo: nutrición, bienestar animal, instalaciones, etc. Se pretende estudiar todos estos cambios, haciendo una comparación de la actual y la antigua situación para poder luego valorarlos.

- Analizar las estrategias de control de la producción, así como la mejora de la producción y calidad de la leche.

Uno de los aspectos más importantes de la instalación de los robots de ordeño es la búsqueda de un aumento en la producción y calidad de la leche, por lo que uno de los objetivos de este estudio es analizar cómo se consigue esto. También se pretende

estudiar si los órganos de control lechero han establecido nuevas estrategias específicas para explotaciones con ordeño robotizado.

- Realizar un pequeño estudio económico relativo a la instalación y usos de robots de ordeño.

Uno de los inconvenientes de la instalación de esta nueva tecnología es la inversión que hay que realizar. Sin embargo, una de las razones por la que muchos ganaderos se deciden a adquirir robots de ordeño es para reducir los costes de mano de obra. Por eso es muy interesante dedicar un apartado de este trabajo a analizar distintos aspectos económicos relativos a la instalación de robots (precios, costes, amortizaciones, etc.) para después poder discernir si verdaderamente es una operación rentable, qué dimensiones debe tener una explotación para que sea viable, cuáles son los plazos de recuperación de la inversión, etc.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR VACUNO LECHERO A NIVEL MUNDIAL

SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR VACUNO LECHERO A NIVEL MUNDIAL

El sector del vacuno de leche desempeña un papel esencial en la seguridad alimentaria global y constituye uno de los pilares sobre los que se apoya la alimentación humana, pues los productos obtenidos aportan proteínas de alta calidad y nutrientes fundamentales para la nutrición. A nivel mundial, millones de personas dependen directa o indirectamente de esta actividad, ya sea como productores, transformadores, distribuidores o consumidores. Además de su peso económico, especialmente en países como Estados Unidos, India, China, Nueva Zelanda o la Unión Europea, la ganadería lechera contribuye al desarrollo rural y al sostenimiento de economías locales. Sin embargo, el sector se enfrenta actualmente a importantes desafíos como la inestabilidad de los precios, el incremento de los costes de producción, las exigencias medioambientales y los impactos del cambio climático sobre la productividad. Al mismo tiempo, la demanda global de productos lácteos continúa creciendo, impulsada por el aumento de la población y el desarrollo de países emergentes. Esta doble presión obliga a adaptar los sistemas de producción hacia modelos más sostenibles, eficientes y resilientes.

El incremento de los costes de producción es algo que hemos mencionado en la introducción y que no solo afecta a España, si no que se trata de un problema a nivel global. Según un informe publicado por Rabobank, “los costos totales de producción se han disparado aproximadamente US\$ 6/litro, lo que representa un incremento del 14 % entre 2019 y 2024” (Global Ag Media, 2025). Al hablar de este aumento de costes en los últimos cinco años, debemos indicar que el 70% del incremento se produjo durante el año 2021 (Global Ag Media, 2025). En potencias de la talla de Estados Unidos, los costes han aumentado desde 2021, aunque durante el último año se han estabilizado hasta rondar los 20-22 USD por cada 100 kg de leche (USDA, 2024). Sin embargo, otros productores han conseguido reducir sus costes de producción, como es el caso de China, que en los últimos años se ha transformado en un país más competitivo; mientras, Nueva Zelanda y Australia han mantenido sus costes bajos de producción debido a la importancia del pastoreo extensivo.

Otros estudios resultan más pesimistas y sitúan el porcentaje de incremento de los costes en valores más altos. Es el caso del Informe de Productos Lácteos que elaboró la IFCN, un equipo de investigación y consultoría económica en el sector lácteo a nivel mundial, que determinó que “en general, los costes globales han aumentado un 19 % en los últimos cinco

años” (IFCN, 2024). Las principales causas que han provocado este encarecimiento de los costes son, como no podía ser de otra manera, el aumento del precio de las materias primas (piensos y forrajes) y de la energía. El aumento de los costes de combustibles, fertilizantes, semillas y otros insumos utilizados en la agricultura han provocado un aumento de los costes de producción de los productos ganaderos. También, la incertidumbre económica y financiera que ha marcado la evolución de los últimos años han influido en que los costes hayan aumentado de forma sensible.

A esta situación de aumento de los costes de producción debemos añadir que el precio de la leche ha bajado de forma considerable en los dos últimos años. En la figura 4.1.1 podemos ver que cerca del mes de enero de 2024 se alcanzó el precio más bajo desde el inicio de la pandemia del COVID-19. La situación precedente era muy favorable, pues en enero de 2022 el precio mundial de la leche alcanzo su punto más alto desde 2006. Este efecto de “montaña rusa” nos da una idea de la inestabilidad del precio de este producto y, en consecuencia, la poca seguridad económica con la que viven y trabajan los ganadero. Afortunadamente, la tendencia de los últimos meses es al alza. Como podremos ver en el estudio económico, España no se desmarca de esta tendencia global.

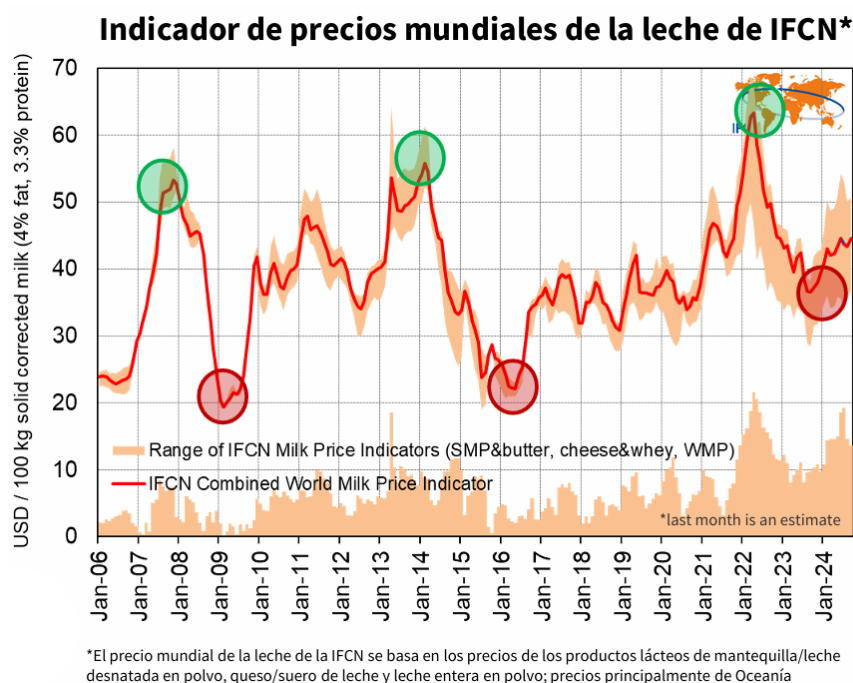


Figura 4.1.1: Indicador de precios de la leche a nivel mundial entre 2006 y 2024. (Fuente: IFCN).

Sin embargo, también existen indicadores que ofrecen una visión más positiva de la situación del sector. Por ejemplo, durante los últimos 20 años la demanda de leche a nivel mundial no ha dejado de crecer. Esto lo podemos corroborar con la gráfica que vemos en la figura 4.1.2, en la que se representa un crecimiento medio de la demanda del 2,5 % en los últimos años. En 2022 la demanda aumento un 2,4 % con respecto a 2021, debiéndose un 0,9 % al crecimiento de la población y un 1.5 % al crecimiento del consumo per cápita (A. Lendewig, 2025). Según los datos que podemos ver en el informe de IFCN, el país en el que más ha crecido la demanda de leche es Brazil, donde la demanda aumentó un 4,5 %, por lo que las importaciones crecieron y se recuperó, en cierta medida, la producción local. Otros países tienen un escenario radicalmente opuesto, como es el caso de Japón, donde la demanda se redujo un 3,6 % y, por consiguiente, se redujeron las importaciones. En los países africanos el crecimiento de la demanda se ve perjudicado por las altas tasas de inflación que sufren (A. Lendewig, 2025).

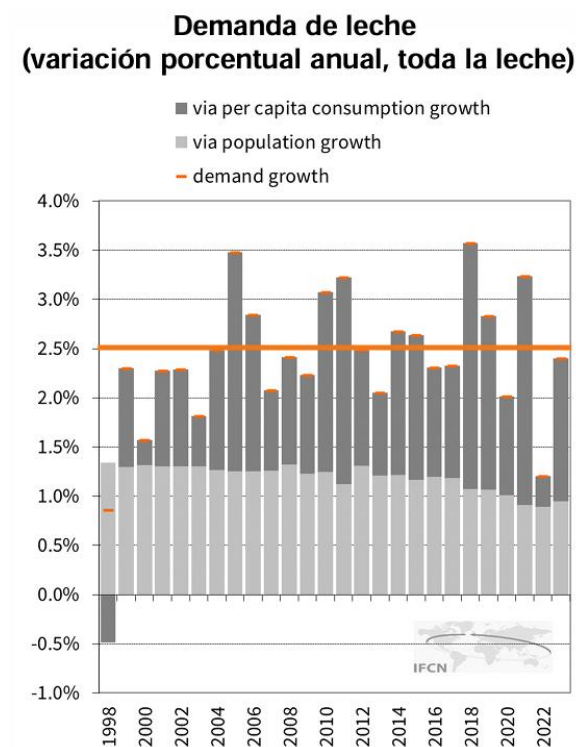


Figura 4.1.2: Evolución del porcentaje de variación de la demanda de leche entre 1998 y 2022. (Fuente: IFCN).

Como consecuencia de este aumento de la demanda, la variación de la producción mensual de leche entre 2007 y 2024 ha sido positiva. A pesar de la inestabilidad de la variación, que al igual que es precio de la leche, sigue un modelo de montaña rusa, los datos recogidos

durante este periodo nos informan de un aumento de media del 1,5 %. El mayor porcentaje de crecimiento de la producción se alcanzó en 2014, un 5 %, mientras que el año anterior, en 2013, se alcanzó la mayor reducción, casi un 3 % menos (A. Lendewig, 2025). Esto nos da una idea de la inestabilidad de la producción, a pesar de que en los dos últimos años se haya equilibrado, algo que podemos comprobar en la figura 4.1.3.

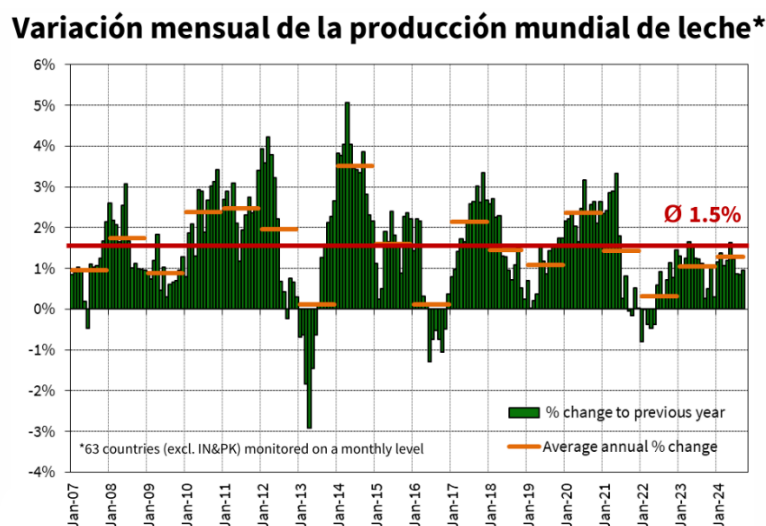


Figura 4.1.3: Evolución de la variación mensual de producción mundial entre 2007 y 2024. (Fuente: IFCN).

Retomando el análisis de los precios de la leche, es interesante comparar el precio mundial con lo que se paga en cada país por la leche. Para ello, nos basaremos en las tres potencias económicas más importantes del mundo: Estados Unidos, Europa y China. Al observar las gráficas de la figura 4.1.4, lo primero que nos llama la atención es la gran diferencia que hay entre Estados Unidos y Europa con China, pues este último es el que mayor desajuste presenta entre su precio en el país y el que representa el mercado mundial. Esto se debe a las políticas establecidas en China, que distan mucho del liberalismo que representa Estados Unidos. Pero, a pesar de que los modelos políticos y económicos que siguen estos países no son iguales, el precio nacional de las tres potencias ha seguido, en mayor o menor medida, la tendencia establecida por el mercado mundial. Especialmente Estados Unidos, que presenta la menor distancia entre ambos parámetros (zona amarilla de las gráficas).

Las predicciones que establece la IFCN para este año son variadas. Prevén que el mercado mundial siga al alza, llegando a valores muy cercanos a los 50 USD/100 kg SCM. Los precios nacionales de la Unión Europea y China también aumentarán, de forma más clara en

este último país. Sin embargo, predicen una caída del precio nacional de la leche en Estados Unidos, algo que choca con la tendencia de poca diferencia que comentábamos en las líneas anteriores.

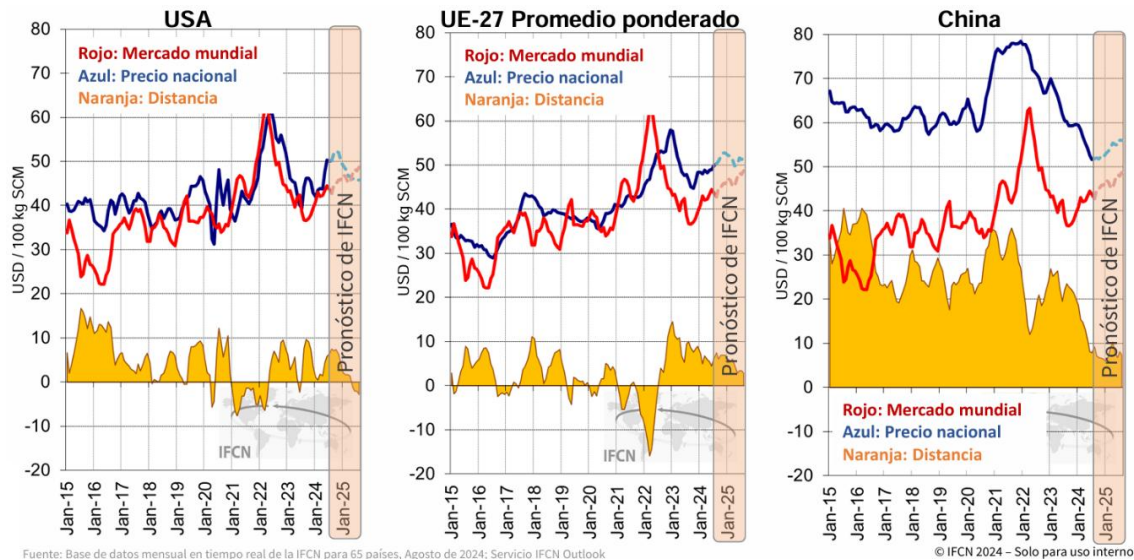


Figura 4.1.4: Comparación del mercado mundial con el precio nacional de tres potencias: Estados Unidos, Europa y China. (Fuente: IFCN).

Las predicciones futuras auguran que se mantendrá la tendencia de crecimiento de la demanda, llegando a aumentar el consumo per cápita en 2030 un 5,5% respecto a 2023 (A. Lendewig, 2025). Por el contrario, la gráfica de la figura 4.1.5 nos muestra que esta tendencia al crecimiento no tendrá lugar en Estados Unidos ni en la Unión Europea, cuyas demandas se verán reducidas un 1% y 2%, respectivamente.

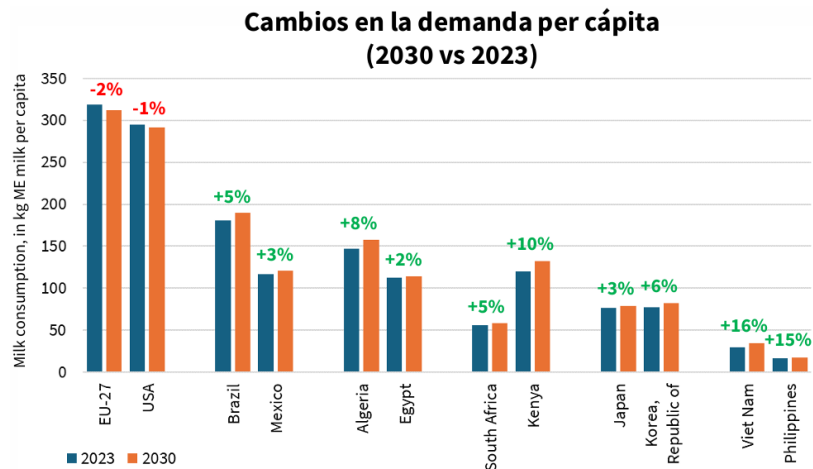


Figura 4.1.5: Evolución de la demanda en 2030 con respecto a 2023 en distintos países. (Fuente: IFCN).

Al prever un aumento de la población de un 6.5% y del consumo per cápita de un 5,5%, por consiguiente, el volumen de leche comercializada a nivel mundial aumentará, concretamente se estima que puede aumentar en un 6,6 %, lo que se traduce en 4 millones de toneladas más (A. Lendewig, 2025).

Otra de las predicciones interesantes que incluye la IFCN es que la cabaña ganadera de vacuno de leche se verá reducida, es decir, habrá menos vacas productoras. Sin embargo, las mejoras genéticas y los ajustes en la alimentación y el ordeño están consiguiendo animales mucho más productivos, por lo que podremos obtener el mismo volumen de leche con menos vacas. El informe nos habla de que en 2030 habrá un 3.2% menos de vacas productoras, es decir, que de las 370 millones que hay actualmente, se perderán unos 12 millones de animales; sin embargo, el rendimiento productivo de los animales aumentará un 15% en 2030 (A. Lendewig, 2025). Esta mejora de la productividad de los animales nos sirve para entender que la mayor parte de la leche entregada se produce en solo el 3% de las granjas del mundo, algo que podemos ver gráficamente en la figura 4.1.6.

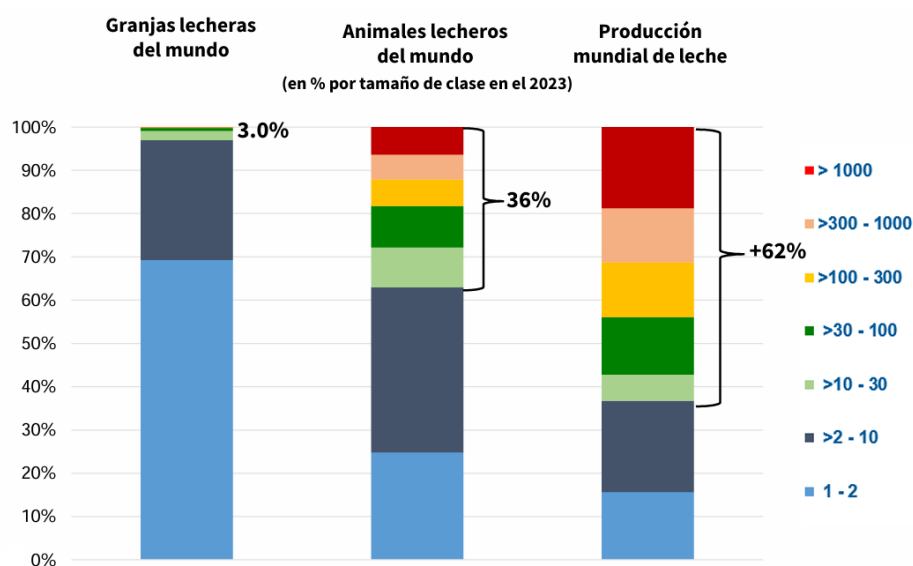


Figura 4.1.6: Distribución de las explotaciones, los animales productores y la producción mundial de leche. (Fuente: IFCN).

Sin embargo, esta mejora de la productividad no será suficiente para cubrir la demanda de productos lácteos a nivel mundial. Excepto la Unión Europea y Estados Unidos, la gran mayoría de los países del mundo son netamente importadores de leche. Por ello, se prevé un desequilibrio en leche de -10,5 millones de toneladas para 2030, generando una falta de

productos lácteos y una demanda insatisfecha. Por ello, resulta importante para la favorable evolución de este sector realizar una inversión necesaria para desarrollar regiones adicionales de manera sostenible y así poder cubrir la demanda mundial de leche.

4.2. ROBOTS DE ORDEÑO

ROBOTS DE ORDEÑO: LELY ASTRONAUT A5

El sector agropecuario ha experimentado en las últimas décadas una transformación profunda gracias a la incorporación de tecnologías avanzadas, entre las que destacan los robots de ordeño. Un robot de ordeño es un sistema de ordeño automatizado capaz de ordeñar de forma autónoma una vaca gracias distintos elementos, sensores y cámaras. Hace más de 25 años que se lanzó al mercado el primer robot de ordeño. Unos años antes de su lanzamiento se comenzó a desarrollar la idea de crear un modelo de máquina que pudiera ordeñar a los animales y así poder atajar los problemas de mano de obra del sector. En 1980, el profesor de la universidad alemana de Hohenheim, Karl Rabold, llevó a cabo un trabajo de investigación y desarrollo para crear un primitivo modelo de robot de ordeño (Bovina, 2021).

Estos sistemas iniciales, aunque fueran costosos y con limitaciones técnicas, marcaron el inicio de una nueva era en la ganadería lechera, y tras muchos años de trabajo e investigación se ha conseguido perfeccionar las máquinas, haciéndolas menos complejas y aparatosas, y más eficientes y precisas. A raíz de la creación del primer modelo de robot de ordeño han surgido diferentes empresas que han apostado por desarrollar su propio prototipo de robot, siendo las más importantes: Lely, DeLaval, GEA, SAC...

Con el paso del tiempo, los robots han pasado de ser una máquina capaz de ordeñar a una vaca sin la necesidad de la presencia de un operario a poder incluso monitorear datos a tiempo real sobre el ordeño, características de la leche, niveles de producción, salud de las vacas... Todo esto hace que los ganaderos adquieran un papel de gestor de datos y decisiones más propio de técnico que de trabajador físico. Estos cambios se deben a la incorporación al robot de sensores, inteligencia artificial y elementos y programas de análisis de datos.

Los robots de ordeño son un símbolo de modernización que facilitan la conciliación laboral, mejoran el bienestar de las vacas de producción y ofrecen una valiosísima información que ayuda a optimizar la eficiencia de la explotación. A pesar de que por razones estructurales y económicas su implantación está un tanto limitada, es cierto que su extensión continúa avanzando de forma sostenida, abriendo nuevas perspectivas sobre el futuro de la ganadería en un mundo cada vez más tecnológico.

Como dijimos en la introducción, a lo largo del trabajo nos centraremos en la marca holandesa Lely, que a lo largo de más de 30 años ha desarrollado varios modelos de robot, desde el primitivo robot A1, lanzado en 1992, hasta el último modelo lanzado en 2018, el robot Lely

Astronaut A5. A continuación resumiremos las características de este robot utilizando como documento base su manual.

4.2.1. Lely Astronaut A5

El robot Lely Astronaut A5 es uno de los mejores robots de ordeño del mercado debido a su avanzada tecnología, por lo que supone una referencia clave en el sector de la producción lechera automatizada. Es un sistema de ordeño totalmente automatizado que permite a las vacas acudir a ordeñarse de forma voluntaria a cualquier hora del día. Su diseño permite: mejorar el bienestar animal, aumentar la eficiencia del ordeño, reducir la necesidad de mano de obra y maximizar la producción de leche, ofreciendo datos en tiempo real. Antes de su lanzamiento al mercado, 60 unidades de este robot fueron probadas durante más de un año y medio en más de 30 países y analizadas tanto por técnicos especialistas como por ganaderos. Con esto se buscaba conseguir la máxima fiabilidad posible y adecuar los componentes para obtener una accesibilidad óptima a todos ellos (H. Garcinuño, 2023).

4.2.1.1. El exterior del robot

Como veremos en el apartado de construcciones e instalaciones, uno de los principios del ordeño robotizado es el tráfico libre en el que se pretende facilitar los movimientos de los animales, por eso este robot tiene una entrada y salida en línea recta, sin que se encuentre ningún obstáculo para entrar y salir. Este sistema de movimiento se denomina *I Flow* y mejora el sistema *K Flow* que siguen otros modelos de robots más antiguos o de otras marcas. Esto facilita el acceso a aquellas vacas remisas a entrar al robot, pues en ningún momento se encuentran con obstáculos y ven la salida del robot antes de entrar.

Dentro de la “jaula”, el espacio donde entra el animal, encontramos distintos elementos que debemos destacar. Las puertas se accionan de forma automática con émbolos de aire, manteniéndose la puerta de entrada abierta siempre que no haya una vaca en ordeño o el robot se encuentre en fase de limpieza. Por el contrario, la puerta de salida, que cuenta con el comedero y el sistema de suministro de pienso, siempre se encuentra cerrada excepto cuando el animal debe salir. Ambas puertas se pueden abrir y cerrar desde el panel de control de robot. Pero lo más importante es que dentro de la jaula, en la parte superior encontramos dos sensores cuya función es detectar la entrada del animal y su posición dentro del robot. Siguiendo el movimiento de los animales, primero, cerca de la entrada, nos encontramos con una cámara 3D (figura 4.2.1) cuya función es detectar en todo momento la posición de la vaca dentro del robot, detectando sus movimientos para que el brazo del robot pueda conectar con mayor facilidad las

pezoneras. Esta cámara es fundamental para el proceso de toma de coordenadas de los pezones, pues se referencian a la fotografía tomada de la vaca, realizándose en cada ordeño para hacerlo más preciso. En la parte superior delantera se encuentra el detector de infrarrojos, un sensor de identificación que detecta el chip RFID que lleva dentro el trasponedor de Lely Tags. También cuenta con una célula de detección de vacas para poder abrir o cerrar puertas cuando un animal se encuentre en el ordeño.



Figura 4.2.1. Cámara 3D para escanear al animal y detectar su posición dentro del robot.

Ya hemos mencionado que la puerta de salida lleva instalado el comedero donde se distribuye el pienso. El concentrado se distribuye desde el lateral más próximo al robot, por donde está conectado con el tubo por donde llega el pienso desde el silo. Un pequeño motor eléctrico gira un mecanismo que distribuye una cantidad determinada de pienso de forma periódica hasta alcanzar la ración que debe consumir el animal. El sistema de distribución y el comedero están separados para que cuando la puerta se abre y el comedero se recoge, ningún elemento choque y sufra daños. Es importante controlar la limpieza de este compartimento, al que se accede por una puerta desde el interior de la caseta del robot, pues la acumulación de polvo y restos de pienso atrae a diferentes plagas. Delante de la puerta de salida existe otra puerta cuya función es dirigir el rumbo de la vaca, es decir, hacer que vuelva al patio de producción o, si cambia de posición, conducir a la vaca a la zona de separación.

La parte exterior de la jaula está compuesta por barrotes de metal galvanizado que impiden que el animal pueda escaparse. Las puertas son del mismo material, accionadas, como

hemos comentado, por unos émbolos electroneumáticos. El suelo del robot es de hormigón armado sin pulir, para que no se resbalen los animales, y cuenta con una colchoneta de goma en la zona donde pisa el animal para que la limpieza sea más fácil. Además, cuenta con una alcantarilla por donde se eliminan las deyecciones de los animales hasta el patio de producción, por donde pasan las arrobaderas. Esta alcantarilla se trata de una rejilla como la que vemos en la figura 4.2.2. y tiene dos propósitos: el primero es el de eliminar las deyecciones que los animales pueden emitir dentro del robot para que no se acumulen en este; el segundo es actuar a modo de barrera canadiense para que la vaca no pise en el interior del robot y mantenga las patas traseras separadas, con el fin de que la ubre tenga una mejor accesibilidad.

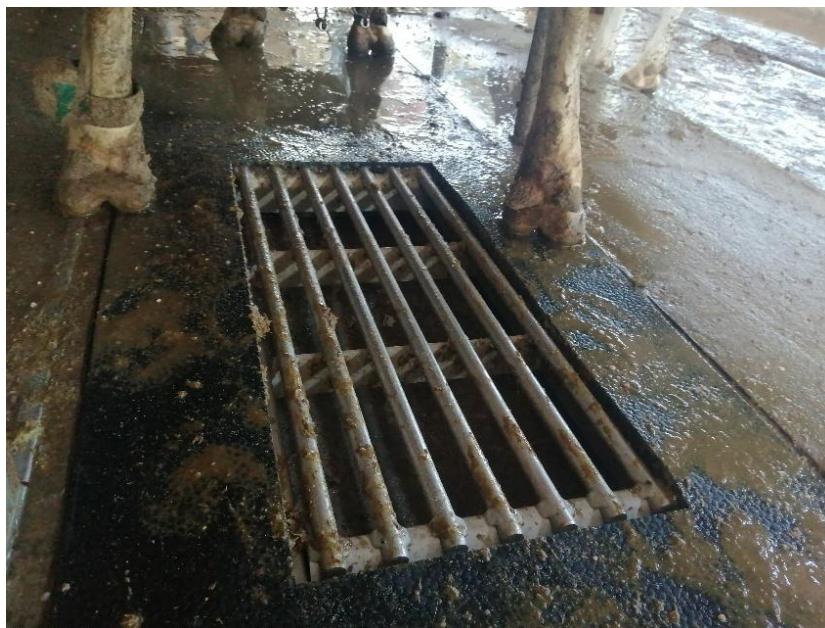


Figura 4.2.2. Rejilla por donde se eliminan las deyecciones del animal.

4.2.1.2. El brazo del robot: sistema de limpieza y pezoneras.

Pasando al interior de la caseta, en la otra parte del robot encontramos lo verdaderamente sustancial e importante. En primer lugar podemos ver el brazo del robot, que al igual que en los modelos anteriores (Astronaut A3 y A4) se mueve en tres direcciones gracias a unos cilindros electroneumáticos (figura 4.2.3) accionados por un motor eléctrico y una cámara de aire. La importancia de este motor eléctrico en el funcionamiento de los cilindros hace que el uso de compresor para el aire pase de 2.400 h/año en el Astronaut A4 a 400 h/año en el A5, es decir, aproximadamente una reducción del 80% del consumo (H. Garcinuño, 2023). El brazo cuenta con distintos elementos de gran importancia, como los cepillos, el juego de pezoneras o el sistema MQC, los cuales vamos a describir a continuación con detalle.



Figura 4.2.3. Sistema de émbolos y cilindros para mover el brazo del robot.

Siguiendo una cronología como si estuviéramos en un ordeño, una vez ha entrado la vaca al robot, nos encontramos con el sistema de limpieza de pezones. Este sistema está compuesto simplemente por unos rodillos de cerdas suaves pero firmes que están en contacto y que rotan hacia el interior para que el pezón, al estar en el medio de los dos rodillos, se limpie de arriba hacia abajo. Con esto se consigue estimular la segregación de oxitocina y, por tanto, la salida de leche, además de limpiar el pezón. Por norma general, cada pezón se limpia dos veces, comenzando por los traseros e intercalando el izquierdo con el derecho, para después pasar a los delanteros, donde seguirá la misma pauta. Sin embargo, se puede configurar el número de veces que se quiere que limpie cada pezón, el tiempo de limpieza y la altura de trabajo. Este último parámetro es importante de controlar en explotaciones con un sistema de alojamiento de cama caliente, pues es fundamental que la limpieza del pezón sea completa. Además, los cepillos cuentan con una bandeja de plástico que cubre las pezoneras y la cámara durante la limpieza para evitar que no caiga sobre ellas nada de suciedad y puedan llegar al ordeño en las mejores condiciones (figura 4.2.4). Cuando la limpieza ha terminado, los rodillos y la bandeja de plástico se recogen, dejando preparados los elementos necesarios para la siguiente fase: la conexión de las pezoneras.



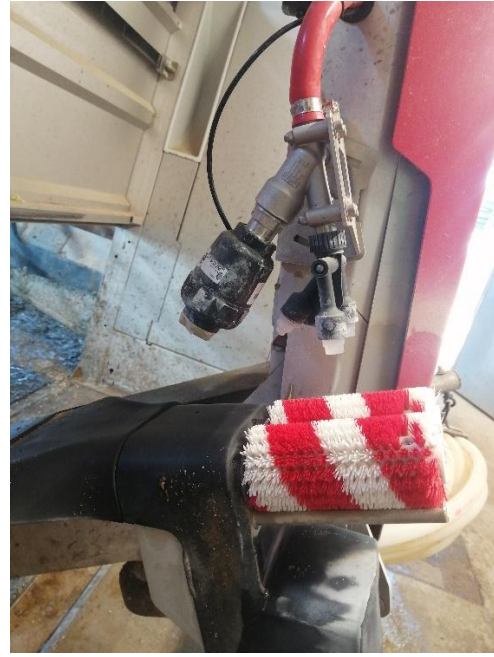
Figura 4.2.4. Rodillos en posición de limpieza con la bandeja de plástico cubriendo las pezoneras.

Para la conexión de las pezoneras, el brazo del robot cuenta con un juego de pequeñas palancas y cuerdas, que sacan o recogen las pezoneras, y con un elemento fundamental: la cámara de láser 3D que podemos ver en la figura 4.2.5. Esta cámara escanea la ubre de la vaca para obtener una imagen en tres dimensiones de esta y, junto con los datos de las coordenadas de los pezones, hace que las pezoneras se conecten con la mayor eficacia y rapidez posible. El orden de conexión de las pezoneras es igual que el de limpieza de los robots: trasera izquierda (TI), trasera derecha (TD), delantera izquierda (DI) y delantera derecha (DD). El brazo realiza movimiento en horizontal, vertical y en profundidad para obtener una imagen adecuada de la ubre: podríamos decir que busca los pezones, además de acompañar los movimientos de la vaca para evitar que se desconecten las pezoneras. Sin embargo, la ubre de la mayor parte de las vacas no es perfecta y, en muchos casos, es una tarea complicada el colocar las pezoneras, llegando a soltar a la vaca si tras varios intentos no consigue conectarlas. Por eso tiene una función de escaneo alternativo, para que en casos en los que los pezones delanteros estén más bajos que los traseros e impidan ver a estos últimos, el brazo del robot se posicionará primero delante de los traseros y, tras conectar estas dos pezoneras, se desplazará para escanear los delanteros y terminar la conexión.



Figura 4.2.5. Cámara de láser 3D instalada en el brazo para escanear la ubre de la vaca.

Cuando ha terminado la conexión de pezoneras y el robot detecta que sale leche de todos los cuarterones productivos, se proyecta sobre los rodillos de limpieza un chorro de agua con un producto especial para su limpieza mientras estos giran para eliminar restos de deyecciones, arena o paja que pudieran tener los pezones (figuras 4.2.6. y 4.2.7.). De esta forma se pretende mantener en buenas condiciones higiénicas los rodillos y minimizar la contaminación cruzada entre animales enfermos y sanos. Después de cada ordeño se limpian y desinfectan también las pezoneras con el sistema Lely Pura. Este componente toma agua de la caldera a 100 ° C, la desmineraliza y la conduce a un compartimento instalado en el robot que calienta a 150 ° C una pequeña cantidad de este agua para proyectarla en forma de vapor sobre el interior de las pezoneras. Esta operación se repite después de cada ordeño para evitar la propagación de posibles infecciones y enfermedades de la ubre.



Figuras 4.2.6. y 4.2.7. Sistema de limpieza con agua de los rodillos y la bandeja de plástico.

Otro de los elementos con los que cuenta el brazo del robot es el sistema de proyección de yodo (figuras 4.2.8. y 4.2.9.). Cerca de la base de las pezoneras se encuentra un pequeño orificio por donde, una vez ha terminado el ordeño, sale el yodo pulverizado para impregnar la punta del pezón y así desinfectarlo. El yodo llega hasta el orificio por un sistema de pequeños tubos desde un depósito que se encuentra en el exterior del armario del robot y que cuenta con un sencillo sistema de aspiración para poder trasladarlo. Y para su proyección utiliza los datos de coordenadas de los pezones tomados durante el ordeño, aunque a veces su grado de acierto no es demasiado elevado.



Figuras 4.2.8. y 4.2.9. Posición del lanzador de yodo entre las pezoneras traseras. Detalle del orificio lanzador.

4.2.1.3. El brazo del robot: Modern Sift.

A continuación del juego de pezoneras, en la parte horizontal del brazo, se encuentra el sistema Modern Sift (figura 4.2.10). Este sistema no es más que un conjunto de sensores capaces de analizar la leche que está corriendo por cada uno de los cuatro tubos, correspondientes a los cuatro cuarterones. Estos sensores pueden detectar y analizar numerosos parámetros y anomalías: mamitis clínica o subclínica, leche con sangre, leche acuosa, temperatura, conductividad, tiempo de ordeño y el contenido en grasa, proteína y lactosa. Todos los datos obtenidos están vinculados a cada cuarterón, lo que nos da una imagen más detallada del estado de la ubre de cada vaca. La principal ventaja de este sistema es la rapidez y constancia de obtención de datos relativos a cada animal, permitiendo actuar al ganadero antes que con otros métodos de análisis y de forma más concreta. También es importante destacar su fiabilidad, pues es capaz de detectar, de media, el 99.3% de las mamitis que se producen en la explotación (H. Garcinuño, 2023).

Dentro de esta sección del robot se encuentra también el pulsador del ordeño, que está compuesto por cuatro pulsadores independientes, uno para cada pezonera, lo que permite al robot adaptarse perfectamente al flujo de ordeño de cada cuarterón. También contiene un buffer de aire integrado para compensar el vacío en el ordeño.

Otra función que tiene el brazo del robot es acumular los primeros chorros de leche de cada pezón, concretamente los primeros 9 ml, para su eliminación después del ordeño (H. Garcinuño, 2023). Otros sistemas eliminan la leche extraída durante los primeros segundos de ordeño; sin embargo, el Astronaut A5 elimina los primeros mililitros porque la velocidad de ordeño no es igual en todas las vacas, pues unas expulsan la leche con mayor facilidad y otras tardan más tiempo. Con esta innovación se optimiza la recogida de leche en cada ordeño. Una vez se ha separado la primera cantidad de leche, el ordeño continua y la leche pasa al armario del robot a través de unos tubos de plástico transparente.

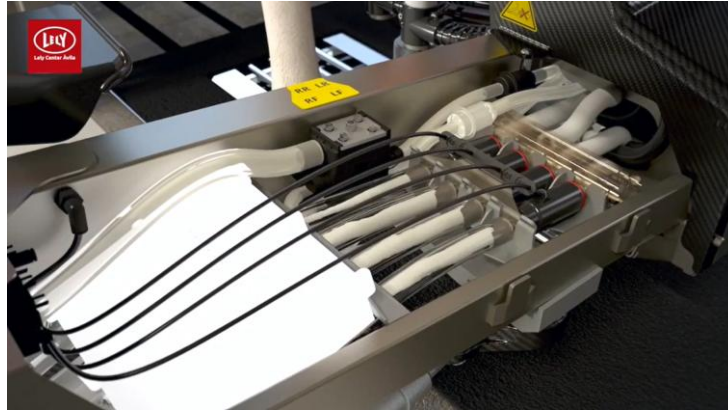


Figura 4.2.10. Sistema MQC en funcionamiento. (Fuente: Lely Center Ávila.)

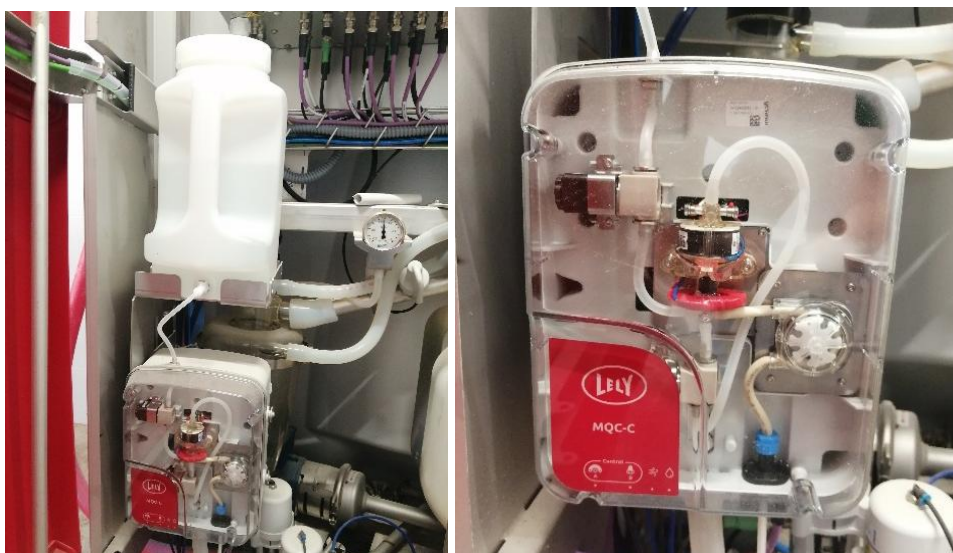
4.2.1.4. El armario del robot

Los tubos de plástico transparente que llegan al robot conducen tres elementos distintos: cuatro de ellos transportan la leche de cada pezonera a la jarra de leche, uno transporta el agua de limpieza para los enjuagues locales y limpiezas generales y otro se encarga del vacío del ordeño. La jarra de leche a la que llegan los tubos de leche es una tinaja de cristal en la que se acumula la leche del ordeño antes de pasar al tanque de la lechería (figura 4.2.11.). A pesar de tener una capacidad suficiente, cuando el volumen de leche de la jarra alcanza los 28 litros comienza a vaciarse hasta los 23-24 litros para asegurarse de que no se llena del todo y no se produce ningún problema. Para saber cuánta leche contiene, además de los medidores del Modern Sift, encima de la jarra hay instalada una célula de peso que se encarga de pesar el contenido de la jarra.



Figura 4.2.11. Jarra de la leche, donde llegan los tubos que conducen la leche desde las cuatro pezoneras.

Uno de los elementos más interesantes del robot para la gestión de la explotación es el sistema MQC-C (Milk Quality Control - Cell Count), un componente capaz de analizar el nivel de células somáticas de la leche (figuras 4.2.12. y 4.2.13.). Para ello se basa en el funcionamiento de un test CMT, en el que se mezcla una muestra de leche con un reactivo. El reactivo se almacena en una garrafa en la que se disuelve 1 litro de reactivo en 15 litros de agua y, a través de un pequeño tubo, llega a la máquina que realiza el análisis. Este análisis puede hacerse una vez por vaca al día o una vez por cada ordeño. Es recomendable esta última frecuencia, pues de esa forma se obtienen datos con mayor rapidez y exactitud, pudiendo estudiar de forma detallada la evolución de la infección y tomar medidas con mayor premura. El coste de cada análisis es de un céntimo por vaca y día, algo muy económico y accesible para cualquier ganadero.



Figuras 4.2.12 y 4.2.13. Dispositivos del sistema MQC-C para el análisis de la leche.

Cuando el ordeño ha terminado, la jarra debe vaciarse para su limpieza y preparación para el siguiente ordeño. Para impulsar la leche desde el robot al tanque de la lechería, hay instalada una bomba que puede actuar a dos velocidades: una velocidad más lenta, recomendable para aquellas explotaciones cuya leche es de más calidad (mayor porcentaje de grasa), y una más rápida para las explotaciones cuya leche producida es menos concentrada, más comercial (H. Garcinuño, 2023). Además, el robot tiene un juego de válvulas cuya función es dirigir la leche hacia su destino: el desagüe, Lely M4use, alimentación de terneros o línea general. También sirve para el control del agua durante los enjuagues locales.

Dentro del armario del robot encontramos distintas unidades con microprocesadores (GIOB) que controlan todos los movimientos y funciones del robot. El robot trabaja con una comunicación a través de una red ethernet y con un software de control remoto, lo que permite manejarlo sin necesidad de estar presente en la caseta de cada robot. Además, al lado de todas estas unidades, hay instalados también unos paneles de válvulas cuya función es controlar los émbolos que mueven el brazo y las puertas y otro que controla el circuito del agua dentro del robot (figura 4.2.14). Otros componentes con los que viene equipado el robot son las llaves para abrir la puerta que da acceso a la zona donde se encuentra el sistema de distribución del pienso y una pequeña pistola de aire comprimido muy útil y práctica para eliminar el polvo y mantener los elementos en un buen estado de limpieza. Para terminar con el interior del robot, hay que mencionar la existencia de un pequeño armario eléctrico que contiene dispositivos automáticos de seguridad que controlan todos los elementos del robot, fuentes de alimentación y variador de frecuencia.



Figura 4.2.14. Paneles de control en el interior del robot.

El interior del armario del robot está protegido por los laterales por unas paredes de chapa y en su cara frontal por una puerta (figura 4.2.15). Esta puerta es de plástico rojo y está dividida por la mitad en dos partes unidas por unas bisagras, lo que hace que esta sea abatible. Esta característica está pensada para poder trabajar con la pantalla mientras el robot está abierto.

La pantalla táctil es uno de los elementos más importantes del robot. Se trata de una especie de tableta a través de la cual el ganadero u operario puede manejar infinidad de parámetros y controles relativos al ordeño y la información que de él se extrae. En la ventana principal aparece la información del animal que está en el robot y su ordeño (n.º de vaca, días en lactación, kilos de pienso de su ración, evolución de los litros de leche en ese ordeño tanto por cuarterones como el total, etc.) y varios comando de acciones (reconectar o desconectar pezoneras, interrumpir o prolongar visita, reconectar vaca, aumentar o disminuir la ración de pienso, etc.). Además, cuando se está produciendo alguna limpieza, esta ventana ofrece información sobre la fase de la limpieza que está teniendo lugar.

Mientras se produce el ordeño también tenemos acceso a un informe sobre la vaca que se está ordeñando en el que aparecen más datos y más específicos. Uno muy interesante es el que nos dice la producción media en los últimos ordeños y cuál es la producción estimada para el próximo o el ordeño que se está produciendo.

A pesar de que con esta pantalla se pueden realizar infinidad de acciones y comprobaciones, las operaciones más realizadas son pocas, pero muy repetitivas. Una de ellas es la modificación de la tolerancia al flujo del aire. Cuando se ordeña, hay veces en las que la pezonera no se adapta de forma correcta a la forma del pezón, por lo que entra más aire del recomendado al sistema. Al producirse esta anomalía, el robot desconecta la pezonera que está fallando para volver a conectarla e intentar que el ordeño sea lo más normal posible. Sin embargo, muchas veces esta situación no se soluciona y la máquina conecta y desconecta la pezonera repetidamente porque el problema no se soluciona, lo que hace que el robot expulse a la vaca sin haberse ordeñado. Una solución es aumentar la tolerancia del robot al flujo de aire, que de forma normal tiene un valor de 150, pero puede variar entre 50 y 350. De esta forma, la pezonera no se desconecta a pesar de no adaptarse del todo al pezón, que en algunos casos no tiene una forma correcta, y el ordeño transcurre con normalidad, evitando así retrasos.

Otro comando muy utilizado, especialmente durante el inicio del ordeño de un patio nuevo, es el que mide el flujo de leche. Gracias a los sensores del sistema Modern Sift, el robot nos dice cuál es el flujo de leche de cada cuarterón. Mediante la aplicación del robot podemos establecer un mínimo por debajo del cual la pezonera se desconecta, para evitar que la máquina ordeñe en vacío y no provoque ningún problema de salud al animal. Sin embargo, durante los primeros ordeños las vacas están nerviosas y asustadas a pesar de haber pasado por el periodo de habituación, por lo que la leche no sale de la ubre. Al no detectar flujo, las pezoneras se

desconectan y el robot da por finalizado el ordeño, pero en realidad el animal no ha sido ordeñado de forma correcta. Por eso, esto nos sirve para saber que si durante los primeros momentos del ordeño el flujo de leche es muy bajo, debemos prolongar el ordeño. Esta prolongación es un periodo de cinco minutos durante los cuales la máquina sigue ordeñando a pesar de no detectar leche. Nos permite conectar y desconectar pezoneras de forma independiente, por si queremos dejar o volver a ordeñar un cuarterón en concreto, y cancelar la prolongación en cualquier momento.

Estos dos casos son sólo dos ejemplos de la infinidad de tareas que se pueden realizar a través de esta pantalla, que no es más que una ventana que da acceso a manejar todo el robot y controlar todas sus operaciones, desde la apertura y cierre de puertas exteriores, hasta el control de la presión del grupo de vacío, pasando por el control de alarmas y otros problemas. Ahora que hemos hecho mención a las puertas, vamos a detenernos en una de las acciones más simples del robot pero que facilita en sobremanera el trabajo de los operarios es la apertura de puertas de forma automática. En la venta principal existe un comando, situado en la parte inferior de la pantalla, que nos permite indicarle el número de vacas que hay en la sala de espera para que cuando hayan entrado todas al robot y la sala haya quedado vacía, este abra de forma automática la puerta de la sala de espera. Y si el robot detecta que todavía hay alguna vaca que no ha entrado a ordeñarse y lleva mucho tiempo en la sala, este envía una señal al teléfono del operario indicando el problema.



Figura 4.2.15. Vista general del armario del robot. Podemos ver la forma en la que se abate la puerta.

4.2.1.5. La Unidad Central

Por último, llegamos a otra de las partes imprescindibles del robot: la unidad central. Se trata de otro armario similar al anterior que cuenta con otros elementos de igual importancia para el funcionamiento del robot, como por ejemplo la bomba de vacío. La bomba de vacío es un dispositivo encargado de crear las situaciones de vacío necesarias para que las pezoneras realicen el ordeño. Una bomba de vacío es capaz de trabajar con dos robots de ordeño, es decir, que a cada unidad central podemos conectar dos robots distintos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que ninguno de los robots puede estar instalado con más de 30 metros de separación de la unidad central.

Otro de los elementos importantes que encontramos dentro de la unidad central es la caldera o calentador de agua (figura 4.2.16), cuya función es calentar el agua a 100 °C, aproximadamente, para la limpieza de las tuberías y elementos del robot por donde circula la

leche. Una característica de la caldera es que es abatible, es decir, se puede mover y levantar para poder acceder a su interior y limpiar y cambiar dispositivos, o realizar cualquier otra labor de mantenimiento. Al lado del calentador se encuentra el armario central, que cuenta con un estabilizador de corriente, la tarjeta principal, un variador de frecuencia...



Figura 4.2.16. Vista del interior de la unidad central en la que vemos principalmente la caldera y, a la derecha, el armario central.

Por último, hay que destacar que en la unidad central también se encuentran todas las garrafas de los productos utilizados para la limpieza del robot: detergente alcalino (Astri-LIN, Astri-B, Astri Kleen), detergente ácido (Astri-CID), detergente para los rodillos (Astri-L), etc. Estas garrafas se colocan en unas pequeñas estanterías a la altura del suelo y se conectan a un tapón que cuenta con los tubos de aspiración, que están conectados con un purgador y el sistema de impulsión del líquido. Este purgador se suele utilizar cuando el robot nos indica que el nivel de uno de los productos es bajo o se ha terminado y realmente no es así. Entonces purgamos el dispositivo de extracción de la garrafa que nos indica, por si hubiese demasiado aire dentro de las tuberías y sea esta la causa del problema.

Estas son las principales características de esta compleja máquina. Este apartado no recoge todos los detalles técnicos del robot ni sus piezas, que se cuentan por decenas y nos quedaría un texto poco manejable. Sin embargo están sus principales componentes, apartados y funciones, con las que se trabaja en el día a día. Todas estas piezas y componentes deben funcionar como un engranaje, y se debe cuidar que todos ellos se encuentren en un estado óptimo, pues si falla alguna de ellas, el correcto funcionamiento del robot se vería afectado.

4.2.2. DeLaval VMS V310

Otra de las marcas más importantes de tecnología ganadera es DeLaval. Esta empresa sueca lleva más de cien años dedicándose a diseñar innovaciones tecnológicas para facilitar el trabajo del sector vacuno lechero. Destaca por sus robots de ordeño VMS, sistemas de alimentación automatizada, equipos de higiene y monitoreo avanzado de la salud del ganado. Su enfoque está en mejorar la eficiencia de las explotaciones, el bienestar animal y la sostenibilidad mediante innovación, automatización y análisis de datos en tiempo real. Además, ofrece una amplia red de soporte técnico y servicios de consultoría para granjas de todos los tamaños.

El último modelo que la empresa lanzó al mercado se trata del robot de ordeño DeLaval VMS V310, que representa la gama más actualizada. Esta máquina se basa principalmente en una mejora de la serie VMS V300, incorporando nuevos elementos y funciones que la hacen más eficiente. A pesar de que el liderazgo en ventas lo ocupa el robot Lely Astronaut A5, el robot de ordeño de la marca DeLaval se posiciona como una opción muy interesante y que cada vez va ganando más partidarios.

Los componentes generales y el funcionamiento de este robot es prácticamente idéntico al de los demás robots del mercado y que ya hemos detallado en la explicación del Lely Astronaut A5. El V310 cuenta con un espacio delimitado por barreras físicas en el que entra la vaca para ser ordeñada y un brazo automático que se encarga de la limpieza de pezones, colocación de pezoneras y desinfección tras el ordeño. Por eso, vamos a centrarnos en explicar cinco innovaciones con las que cuenta esta serie de robots y qué beneficios nos traen. El aspecto exterior del robot lo podemos ver en las imágenes de las figuras 4.2.17 y 4.2.18.



Figuras 4.2.17 y 4.2.18: Vista exterior del robot DeLaval VMS V310. (Fuente: DeLaval).

DeLaval DelPro

DeLaval DelPro™ es una plataforma integral de gestión ganadera diseñada para explotaciones lecheras de todos los tamaños que centraliza y analiza datos del sistema de ordeño, sensores, salud, reproducción y alimentación para convertirlos en información útil y procesable. Este software funciona con BioModelos, es decir, modelos predictivos patentados por DeLaval, que generan alertas y recomendaciones sobre bienestar, reproducción, eficiencia alimentaria y salud (DeLaval, 2025).

Sus principales funciones son: supervisar el rendimiento de cada vaca y la calidad de la leche obtenida, optimizar las raciones para poder reducir los costes, detectar celos para mejorar la eficiencia reproductiva, alertar sobre posibles patologías, etc. Para acceder a esta información lo podemos hacer desde dos opciones: DelPro FarmManager, un programa de gestión para ordenador, y DelPro Companion, que nos permite acceder desde un dispositivo móvil de manera rápida y directa (DeLaval, 2020).

DeLaval In Control

El DeLaval InControl™ es el módulo de interfaz para los sistemas de ordeño robotizado VMS (incluyendo los modelos V300 y V310) que permite un control y supervisión sencillos y remotos del proceso de ordeño. No solo facilita el control y la monitorización del robot VMS

de DeLaval, sino que además proporciona informes visuales, gráficas, análisis e información sencilla para ayudar al ganadero a tomar las mejores decisiones (DeLaval, 2020).

Esta aplicación nos ofrece una visión rápida y sencilla de distintos aspectos relativos a la explotación, como la cola de ordeños o el estado individual de cada vaca y sus datos de rendimiento, incluso información de los ordeños más recientes. También nos permite hacer otras tareas tan diversas como encontrar una vaca en la explotación o, dado el caso, en pastoreo, y monitorizar la información de actividad de los animales (DeLaval, 2020).

Este acceso digital a todos los datos de la explotación permite al ganadero mejorar el seguimiento de los animales y detectar puntos críticos que se deben mejorar a la mayor brevedad. Al ser una aplicación disponible para dispositivos móviles, tiene la ventaja de ser muy operativa y permite controlar los robots a distancia.

DeLaval PureFlow

Es un sistema de preparación y limpieza de pezones mediante una copa transparente, que permite ver a través de ella, está diseñado para mejorar significativamente la higiene antes del ordeño y optimizar el reflejo de bajada de la leche al estimular la segregación de oxitocina (DeLaval, 2025). Este sistema, al igual que los de otras marcas, elimina los primeros chorros de leche por una línea de leche que llega un depósito independiente del circuito de ordeño.

Tiene diferentes configuraciones que podemos ajustar a nuestras necesidades, incluyendo la opción de añadir jabón a la limpieza, lo que asegura una mejor higiene de la ubre y reduce aún más la transmisión de patologías. Gracias a este sistema, el flujo de leche mejor su velocidad, pues se consigue que sea un 14% más rápido gracias a la estimulación previa (DeLaval, 2025). Después del ordeño, el sistema se enjuaga y se limpia completamente como parte de la rutina de limpieza completa que es realizada por el VMS (DeLaval, 2020).

DeLaval InSight

DeLaval InSight es el avanzado sistema de visión “ToF + IA” presente en los robots de ordeño VMS, que incluye los modelos V300 y V310. Su funcionamiento se debe principalmente

a la acción de la cámara 3D Time-of-Flight (ToF), una cámara de alta precisión que detecta la posición y forma de la ubre de cada vaca desde el primer ordeño y al trabajo del software de localización intuitiva, que mapea y aprende automáticamente la posición de los pezones de cada vaca, sin necesidad de programarlos manualmente (DeLaval, 2025).

Esta innovación de la intuición de la posición de los pezones de forma automática puede ayudar en gran medida al proceso de inicio del ordeño robotizado. Este sistema se anticipa en la localización de los pezones y se ajusta en cada ordeño, haciendo posible un ordeño más eficiente a lo largo de toda la lactación. Además, todo este sistema de control permite que los movimientos del brazo del robot sean más suaves y precisos, lo que repercute positivamente en el bienestar de las vacas durante el ordeño (DeLaval, 2020).

DeLaval RePro

DeLaval RePro es un módulo innovador presente en el robot VMS V310 que transforma el proceso de ordeño en una herramienta avanzada de gestión reproductiva automática. Gracias a los BioModelos DelPro analiza los niveles de progesterona de la leche durante el ordeño para evaluar el estado reproductivo de cada vaca (DeLaval, 2020).

La principal función de este sistema es la detección de celos en animales, incluidos los celos silenciosos, asegurando que las vacas se queden preñadas en el momento óptimo, y así, conseguir un aumento de la rentabilidad de la explotación (DeLaval, 2023). Los estudios realizados por la marca sueca nos indican que se puede mejorar las tasas de inseminación en un 32% (DeLaval, 2020).

Después de analizar las innovaciones con las que cuenta el robot podemos concluir que el robot de ordeño DeLaval VMS V310 representa un importante avance en el desarrollo de la automatización del ordeño en explotaciones lecheras. Sus conjunto de nuevas tecnologías proporcionan un amplio rango de trabajo y su capacidad de procesamiento y análisis de datos hacen que sea una de las máquinas punteras del sector. A pesar de no ser el robot más vendido, tiene grandes oportunidades de expansión y mejora, pudiendo consolidarse como una de las opciones más eficientes del mercado.

4.2.3. GEA DAIRYROBOT R9500

GEA es una empresa alemana líder en soluciones tecnológicas para la industria agropecuaria, con una amplia trayectoria en el desarrollo de sistemas eficientes para el sector lácteo. Su enfoque se basa en la innovación, la automatización y la sostenibilidad, ofreciendo productos que optimizan los procesos en granjas de todo el mundo.

Dentro de su catálogo destacan los robots de ordeño DairyRobot R9500, diseñados para maximizar la eficiencia operativa y mejorar la calidad de la leche. Estos sistemas se caracterizan por un ordeño preciso, suave y rápido, gracias a sensores avanzados y cámaras 3D que localizan con exactitud el pezón. Además, incorporan tecnologías de gestión inteligente que proporcionan datos en tiempo real sobre la producción, la salud y el comportamiento de cada vaca. GEA también apuesta por el bienestar animal, con equipos que reducen el estrés durante el ordeño y permiten rutinas más naturales. Con su experiencia y compromiso con la digitalización, la marca se posiciona como un referente en la modernización de explotaciones lecheras.

En la figura 4.2.19 podemos ver una imagen exterior del DairyRobot R9500, cuyo diseño ocupa una superficie de 5,3 m², lo que le convierte en el robot más pequeño del mercado, lo que ayuda a optimizar el espacio y reducir los costes hasta un 40% según el fabricante (GEA, 2025). Al igual que el modelo de DeLaval, el robot de GEA cuenta con una cámara ToF (Time-of-Flight) que escanea la ubre de la vaca a ordeñar y coloca las pezoneras de manera precisa.



Figura 4.2.19: Vista exterior del robot de ordeño GEA DairyRobot R9500. (Fuente: Frisona Española).

Este modelo utiliza la tecnología In-Liner Everything para llevar a cabo todos los pasos del proceso de ordeño: estimulación, predipping, análisis de los primeros chorros, ordeño y sellado (Vaca Pinta, 2021). Este sistema es muy similar a los que utilizan las otras marcas estudiadas y sus principales funciones son: optimizar el ordeño, mejorar la higiene de la ubre y potenciar la productividad del animal. Sin embargo, la principal diferencia es que el sistema diseñado por GEA concentra todas las operaciones en una sola etapa, mientras que otras marcas lo dividen en varias. Este agrupamiento de las operaciones hace que sea más rápido y con menor manipulación de la ubre.

Otra diferencia que existe entre los robots de GEA y los de otras marcas está relacionada con el recuento de células somáticas. Al igual que los robots de Lely y DeLaval, el robot de la marca alemana es capaz de analizar las células somáticas de la leche extraída para detectar de manera precoz los posibles casos de mastitis que hay en la explotación. Pero lo que le diferencia de los demás es que el DairyRobot R9500 no necesita reactivos, si no que el sensor de clases de recuento celular GEA DairyMilk monitoriza la leche del ordeño (GEA, 2025).

Como vemos, a pesar de compartir grandes similitudes y seguir un sistema de trabajo muy parecido a las demás marcas, el robot de GEA cuenta con peculiaridades y características que lo distinguen de los demás. A pesar de no ser la opción principal a la hora de elegir un robot de ordeño, este diseño puede adaptarse de forma sorprendente a las explotaciones y realizar un trabajo muy similar al de otras máquinas.

4.3. BIENESTAR ANIMAL

BIENESTAR ANIMAL

Uno de los pilares en los que se basa actualmente la ganadería es el bienestar animal. Lograr que los animales de producción gocen de un bienestar adecuado se ha convertido en una cuestión que preocupa tanto al consumidor como al ganadero y que desde las distintas administraciones se ha comenzado a legislar y controlar. Podemos definir el bienestar animal como un estado de completa salud física y mental, donde el animal está en perfecta armonía con el ambiente que le rodea (Hughes, 1976). Dentro de este concepto se incluyen tres aspectos fundamentales: un adecuado funcionamiento del organismo, un correcto estado emocional del animal y la posibilidad de expresar ciertas conductas propias de la especie. Además, el bienestar animal está definido por las denominadas cinco libertades básicas, que son:

- Ausencia de sed y hambre.
- Ausencia de incomodidad, incluyendo molestias físicas y térmicas.
- Ausencia de dolor, lesiones y enfermedad.
- Ausencia de temor o angustia.
- Posibilidad de expresar su comportamiento natural.

Los sistemas ganaderos intensivos siempre han estado reñidos con el bienestar animal por diversas razones, como el reducido espacio por animal, la elevada concentración de animales y un manejo poco cuidadoso (P. Gutiérrez, 2021). Sin embargo, se ha conseguido avanzar bastante en las condiciones de los animales, incluso desde el punto de vista legal, pues se han realizado distintos proyectos legislativos que recogen ciertos parámetros y pautas relativas a este concepto.

4.3.1. Bienestar animal en el vacuno de leche: ordeño voluntario.

Dentro de las explotaciones de vacuno de leche, el bienestar animal se puede mejorar con varias acciones: suministrar la comida de forma más continua para que siempre tengan alimento fresco, limpieza periódica de bebederos para mantener el agua limpia, instalación de elementos rascadores en el patio, manejo tranquilo, etc. El uso de robots puede ayudar en gran medida a fomentar el bienestar animal, pues con él se elimina el manejo diario de los animales para conducirlos hacia la sala de ordeño, algo que puede generarles estrés si no se realiza de manera correcta. En un escenario ideal, con el uso de robots de ordeño, los animales circulan libremente por el patio durante todo el día y se ordeñan cuando el animal quiere, lo que evita

situaciones de temor y ayuda a que la producción de leche se incremente en un pequeño porcentaje.

De esta forma, las vacas pueden decidir sus tiempos para comer, beber, descansar y ordeñarse, teniendo en cuenta su ritmo natural. Con esto se pretende optimizar el —lo que fomenta la rumia y, por tanto, mejora la salud ruminal— y aumentar la frecuencia de consumo de alimento en las cornadizas para poder aumentar ligeramente la producción de leche. Además, con el tráfico libre se reduce la carga y la presión de la ubre, puesto que los ordeños son más frecuentes, y así se consiguen evitar problemas de leche en los cubículos y se evitan problemas de salud en la ubre. Por otro lado, se consigue aumentar el tiempo libre de los animales para favorecer su expresión, algo muy importante y que ayuda a mejorar su bienestar.

El ordeño voluntario se basa en una serie de parámetros: las configuraciones de acceso, la salud, la digestibilidad de forrajes, la densidad energética de la ración, el diseño y manejo PMR y el pienso del robot. En este apartado veremos con detalle los dos primeros, pues los demás se detallarán en el apartado relacionado con la alimentación.

La configuración de accesos hace referencia a la facilidad que tienen los animales para poder llegar al robot y ser ordeñados. Su principal objetivo es permitir que la vaca elija cuando ser ordeñada con una flexibilidad de frecuencia en función de su nivel productivo y la etapa de la lactación en la que se encuentra. También tiene otros objetivos como son la reducción del estrés del animal provocado por la carga de la ubre y aumentar la producción de leche. Para ello se deben trazar una serie de estrategias, siendo una de las más importantes la determinación de una cantidad mínima de leche en la ubre para poder ser ordeñada. Como valor orientativo podemos determinar en torno a 12 litros en vacas multíparas, pero puede variar en función del nivel productivo de cada patio (Contacto personal con trabajadores Lely). Es importante saber que no es bueno que las vacas se ordeñen con excesiva frecuencia y pocos litros producidos, si no que lo interesante es que se produzcan tres o cuatro ordeños con la suficiente cantidad de leche. Por otra parte, al establecer una cantidad mínima de leche para ordeñar se consigue reducir el número de fallos en el ordeño debidos a ubres lacias y pezones descentrados, algo que repercute de manera negativa en los datos de coordenadas. Esta configuración se debe hacer en función de las características de los animales de la explotación o incluso personalizarla a cada patio.

Como ya hemos destacado, la salud es una de las cuatro bases sobre las que se apoya la gestión de una explotación, pues si los animales no gozan de un buen estado sanitario, de poco servirá el trabajo realizado en otros ámbitos. Cuando las vacas presentan algún cuadro patológico, reducen sus visitas al ordeño y, por consiguiente, la producción disminuye y pueden generarse otras enfermedades a mayores. Las principales enfermedades que presentan las vacas dedicadas a la producción de leche son: cojeras (pododermatitis y úlceras), mamitis, cetosis, acidosis e hipocalcemia subclínica. Es muy complejo erradicarlas en su totalidad, pero existen varias prácticas y formas de manejo que pueden ayudar a reducir su impacto. Tanto la cetosis como la acidosis se controlan mediante la formulación de la ración, suministrando una cantidad suficiente de fibra proveniente de forrajes de buena calidad, adecuando la densidad energética para evitar excesos de almidón y aportando una cantidad suficiente y equilibrada de forraje y concentrado.

En el caso de las mamitis o mastitis, es importante vigilar que las pezoneras se limpian y desinfectan bien después de cada ordeño, pues si no es así, esto puede ser una fuente de propagación de la enfermedad si alguna de las vacas del patio la contrajera. Además, hay que cuidar que los cubículos se encuentren en buen estado, evitando la acumulación de deyecciones y leche para no generar focos de microorganismos patógenos. También es importante vigilar el estado de la ubre después del parto, antes de entrar a producción y en el momento del secado, para que todo se desarrolle de forma correcta. En caso de que un animal tuviera mamitis, en el programa instalado en el ordenador para el control de la explotación, Lely Horizon, se puede indicar qué animal está enfermo, qué enfermedad tiene, el tipo de tratamiento que se va a aplicar y su duración, para que al entrar en el robot para ordeñarse, este detecte que el animal está siendo tratado y elimine la leche ordeñada a través del Lely M4use. Cuando ha terminado de ordeñarse el animal, se limpia y enjuaga todos los componentes del robot para eliminar los restos del tratamiento veterinario.

4.3.2. Cojeras y otros problemas de pezuñas

Las cojeras y problemas de patas son una de las principales patologías del vacuno de leche, tanto por frecuencia como por importancia. Suponen un problema sanitario difícil de evitar debido a las condiciones de alojamiento de los animales. Al estar constantemente en contacto con la humedad del patio, las pezuñas se reblandecen y, si las camas son de arena, con los granos que caen y quedan en el patio, el desgaste es mayor todavía. En las explotaciones con sala de ordeño se instala un pediluvio en la salida de la sala, donde se vierte un producto formulado para la desinfección y endurecimiento de los cascos, y así se asegura que todos los

animales en producción reciben este tratamiento preventivo. Sin embargo, en los robots de ordeño parece un poco complicado la creación de un pediluvio similar a la salida del ordeño, pues el producto duraría muy poco tiempo limpio y en unas condiciones correctas para provocar los efectos deseados. Pero existen soluciones para este problema, y desde Lely han diseñado un complemento para el robot, Lely Meteor, podemos verlo en la figura 4.3.1, que consta de una barra instalada en el suelo, en la entrada al robot, y que tiene dos agujeros que apuntan hacia el animal. La barra está conectada a un panel de control y a un depósito con el producto deseado, que sale por estos agujeros de forma pulverizada para desinfectar y endurecer las pezuñas del animal. Otra solución puede ser la creación de una manga con un pediluvio en el que se vierta el producto elegido y hacer pasar a las vacas por allí de forma periódica cada cierto tiempo. Esta solución es más compleja, pues requiere mover a los animales cada poco tiempo y, a pesar de tardar poco tiempo por cada patio, si la explotación es grande, el tiempo empleado en esta operación puede ser excesivo. Sin embargo, de esta forma nos aseguramos de que el producto impregne de manera efectiva todo el casco de cada pata, algo que el pulverizador no nos asegura.



Figura 4.3.1: Lely Meteor aplicando el producto sanitario sobre las patas de la vaca. (Fuente: Lely Center).

4.3.3. Collares inteligentes: salud ruminal y reproductiva.

La salud ruminal es un aspecto al que no se le da la importancia que tiene en la cría de ganado vacuno, ovino y caprino, agravándose en las explotaciones en sistema intensivo, pues en el sistema extensivo no se fuerza ni modifica la alimentación de forma tan intensa. Mantener

el rumen en buen estado ayudará a que los animales se mantengan sanos y lograrán mayores producciones, en este caso de leche.

En las explotaciones de vacuno de leche es fundamental observar y cuidar la rumia, pues nos puede ofrecer una información muy sustanciosa sobre los animales. Durante la rumia, los microorganismos del rumen producen ácidos grasos volátiles, unos compuestos que suponen la principal fuente de energía para la vaca y, por tanto, su producción está directamente relacionada con la cantidad y calidad de leche producida. Una de las claves de la rumia es el mantenimiento de un pH adecuado del rumen (6,0-6,8) y esto se consigue, entre otras cosas, gracias al equilibrio de la ración y a la producción de saliva, que actúa como tampón.

Para ello, los nuevos collares que se colocan a las vacas que se ordeñan en robot, los de la marca que hemos elegido son Lely Tags; entre otras cosas, controlan el tiempo de rumia. El tiempo que dedica una vaca a la rumia ronda las ocho horas diarias, por lo que si este tiempo baja de forma considerable podremos deducir que se está produciendo algún problema. Como consecuencia del descenso de la rumia, se produce una bajada en la producción de saliva, lo que desencadena un cuadro de acidosis ruminal, una patología que afecta a la digestión de los nutrientes. Esto hace que el animal coma menos y lo digiera peor; por tanto, disminuye la energía disponible y la producción de leche. Todo ello puede desencadenar cuadros más severos, como timpanismo o incluso la muerte del animal, por lo que es importante obtener datos a diario para poder actuar con rapidez.

Una tarea fundamental de las explotaciones de vacuno lechero es el manejo reproductivo, especialmente la inseminación. Desde hace tiempo todas las granjas utilizan protocolos de sincronización de celo y han pasado de la monta natural a la inseminación artificial. Los protocolos de sincronización de celos se basan en la inyección de hormonas (GnRH y prostaglandinas) para provocar de manera artificial y controlada el celo en las vacas. Uno de los síntomas que muestran las vacas en celo es la inquietud y el aumento del movimiento, por lo que se les coloca un podómetro para, entre otras cosas, detectar estos incrementos de movimiento. Al pasar al ordeño robotizado, los podómetros se eliminan y la actividad de la vaca por el patio se mide con el trasponedor de Lely Tag, reflejándose en la aplicación del ordenador o el móvil, Lely Horizon (figura 4.3.2), qué vaca debe inseminarse y cuál es el momento óptimo para la inseminación, lo que mejora la eficiencia reproductiva. En la aplicación también es posible indicar la categoría de semen a utilizar en cada caso, pues no todos los animales se inseminan con la misma genética; en función de su valor genético y

producción se utilizará un toro u otro, pudiendo utilizar genética de razas cárnicas en las vacas menos interesantes para obtener un ligero aumento en los ingresos por la venta de sus terneros.

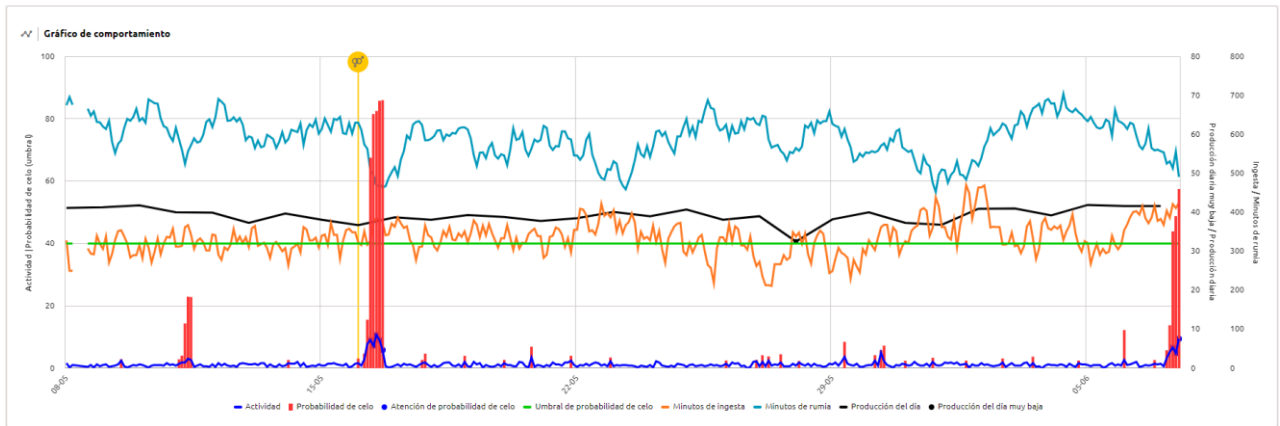


Figura 4.3.2. Gráfico de comportamiento ofrecido por Lely Horizon para saber el momento ideal para la inseminación.

Como podemos ver, este nuevo dispositivo tiene una doble vía de mejora: por un lado facilita y optimiza el trabajo de los encargados al proporcionar datos de forma rápida y fiable, y, por otro lado, gracias a acelerar el trabajo, los animales reciben soluciones a sus problemas de salud rápidamente.

4.3.4. Welfare Quality

En los últimos años se ha desarrollado un organismo encargado de certificar que las explotaciones ganadera cumplen con los requisitos de bienestar animal de los animales. Según podemos leer en su página web, “la certificación Welfair en Bienestar Animal es el único certificado independiente homologado por el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) en colaboración con el Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (Neiker) basado en los referenciales europeos Welfare Quality y AWIN (European Animal Welfare Indicators), que evalúa y controla la calidad del bienestar animal en granjas, espacios de crecimiento y mataderos, de forma exhaustiva” (Animal Welfair, 2025).

El control de este certificado en las explotaciones ganaderas se basa en los cuatro pilares básicos: alimentación, alojamiento, salud y comportamiento. Los técnicos encargados de realizar los controles evalúan estos parámetros de forma periódica y directa en los animales de la ganadería. Sin embargo, su rango de trabajo no sólo se limita al control de las explotaciones, si no que también abarca el transporte de los animales y los mataderos donde se sacrifican.

La valoración del bienestar animal requiere de un enfoque integral y multidisciplinar, pues la consideración conjunta de diferentes parámetros proporciona una visión más precisa del nivel de bienestar en cualquier sistema productivo. En este sentido, el proyecto Welfare Quality incorpora indicadores fisiológicos, sanitarios y de conducta para llevar a cabo la evaluación del bienestar de las vacas lecheras en la explotación. Con relación al estudio que nos ocupa, este certificado no se centra en evaluar las condiciones tecnológicas de los robots de ordeño, si no el impacto que generan en los animales de la explotación.

El protocolo oficial describe de forma detallada cada uno de los indicadores aplicados, junto con aspectos prácticos como el tamaño de la muestra y el orden recomendado para su evaluación. Antes de realizar las visitas a las explotaciones, los evaluadores reciben una formación exhaustiva basada en distintos métodos: fotografías, vídeos y prácticas en campo. Esta formación incluye el reconocimiento de síntomas de algunas enfermedades cuya finalidad es identificar los posibles problemas de salud que afecten a los animales.

Los evaluadores cualificados utilizan indicadores basados en el animal, en los recursos disponibles y en las prácticas de manejo para obtener una evaluación representativa del bienestar en cada explotación. La mayoría de los indicadores se califican mediante una escala de tres puntos (0 a 2), donde el 0 indica buen bienestar, el 1 señala un deterioro moderado y el 2 refleja un bienestar deficiente e inaceptable. En algunos casos, se emplean escalas binarias (0/2 o Sí/No) o escalas cardinales (m² por animal, etc.).

Este sistema estandarizado permite una evaluación objetiva, coherente y reproducible del bienestar animal, facilitando comparaciones entre explotaciones y promoviendo mejoras basadas en evidencias. Además, ayuda a analizar cuál es el impacto que tienen los robots de ordeño en las vacas de producción, observando distintos parámetros: salud ruminal, reducción del estrés, reducción de casos de cojeras, etc.

4.4. ALIMENTACIÓN

ALIMENTACIÓN

La gestión de cualquier explotación ganadera se basa en cuatro pilares fundamentales, que son: alimentación, sanidad, genética y manejo. Para que una explotación lleve un rumbo y desarrollo óptimo, el ganadero debe cuidar al detalle estos cuatro aspectos genéricos, que pueden mezclarse entre sí. La importancia de esto aumenta cuando hablamos de ganaderías en sistema intensivo, es decir, es mucho más importante vigilarlos en una explotación de vacuno lechero que en una de vacas nodrizas en extensivo. Esto se debe a varias razones, como por ejemplo la raza de los animales que vamos a albergar en la explotación (razas autóctonas en extensivo o razas muy seleccionadas en intensivo), la concentración de animales, la dependencia del ambiente, etc.

Dentro de estos cuatro parámetros, la alimentación supone el porcentaje más alto en los gastos de la explotación y juega un papel fundamental en su viabilidad y rentabilidad por varios motivos. La alimentación influye de forma directa y decisiva sobre la cantidad y la calidad del producto que obtenemos del animal, en este caso leche. En función de la ración que demos al ganado, se obtendrá más o menos cantidad de leche, más o menos porcentaje de grasa, de proteína... Esto, como es evidente, repercute en los ingresos de la explotación, por lo que es interesante no bajar el nivel de producción, sino todo lo contrario, subirlo si se puede.

Las raciones del ganado vacuno de leche son complejas, pues están compuestas de varios alimentos y de distintos tipos: alfalfa henificada, silo de maíz, pulpa de remolacha, harina de maíz, cascarilla de soja, bagazo de cerveza, incluso semillas de algodón. Además, es importante destacar que se pueden hacer varias raciones en función de la fase de la lactación en la que se encuentra el animal. En esta amplia y compleja composición se encuentra uno de los factores más importantes con los que se puede reducir en cierta cantidad los gastos de una explotación, pues el encargado de formular las raciones puede jugar con una amplia variedad de productos para conseguir los mismos valores de los parámetros (energía, porcentaje de proteína, porcentaje de ceniza...) con productos más baratos. Es decir, si la ración debe ofrecer un determinado porcentaje de proteína y esto se consigue utilizando forrajes y granos de leguminosas, el nutricionista podrá realizar una composición de tal forma que, además de ser correcta desde el punto de vista de las aportaciones, sea lo más asequible desde el punto de vista económico.

La alimentación es importante en el desarrollo de cualquier especie de producción, pero esto se agrava con el vacuno, al igual que con el ovino y caprino, pues se trata de animales rumiantes, cuyo aparato digestivo es bastante diferente al de los demás. La función del aparato digestivo de los rumiantes es procesar forrajes, es decir, alimentos vegetales con un porcentaje de fibra elevado, como son la hierba, el heno o la paja. Sin embargo, para lograr las producciones que se desean alcanzar, tanto en las explotaciones intensivas de vacuno de leche como en las de vacuno de carne, se aporta a los animales una ración que dista mucho de ser ideal para su salud digestiva. Las raciones de este ganado se componen en un porcentaje elevado de alimentos concentrados, es decir, grano de cereales o leguminosas cuya concentración de almidón es elevada. La razón por la que estos ingredientes tienen un peso tan importante es porque de ellos depende la cantidad producida de leche, es decir, sin ellos la producción sería mucho menor. Por el contrario, la calidad de la leche obtenida depende del forraje que el animal ingiera. Teniendo en cuenta esto, la ración del vacuno de carne se convierte en un equilibrio entre forraje y concentrado que sea capaz de cumplir satisfactoriamente con los objetivos de producción, calidad y salud ruminal.

A continuación veremos cómo cambia la nutrición de la ganadería con la implementación de los robots de ordeño, desde los aspectos a tener en cuenta para formular las raciones hasta la implementación de nueva tecnología.

4.4.1. Nutrición de precisión

Al igual que en los últimos años se ha desarrollado el concepto de agricultura de precisión, con el que se optimiza la dosis de siembra, abonado o riego, en el ámbito ganadero se ha desarrollado el concepto de nutrición de precisión. La nutrición de precisión no es más que asignar a cada animal la cantidad de alimento justa para cubrir sus necesidades de mantenimiento, producción y reproductivas, sin que sobre o falte alimento. En las explotaciones de vacuno de leche que cuenten con robots de ordeño, se debe combinar la ración base, es decir, la aportada por el carro mezclador, y la cantidad de concentrado suministrada por el robot.

Con la nutrición de precisión se pretenden potenciar los picos de producción y modificar la curva de la lactación para que su decrecimiento sea menos acusado, pues las raciones varían en función del estado productivo del animal (recién paridas, pico de producción, mitad de la lactación...) y de su producción, adaptándose perfectamente a las necesidades del animal. Es importante saber que con la nutrición en robots se pueden conseguir picos de producción tan altos como en la sala.

Este nuevo sistema o método de alimentación presenta varias ventajas, siendo la principal el ajuste de los aportes de la ración según los requerimientos nutricionales, como ya hemos visto. También permite realizar una alimentación particular a algún grupo específico de animales, como vacas en posparto o en fase de “presecado”, permitiendo el control del peso de los animales para que lleguen al parto con una condición corporal óptima y evitar que aquellos animales menos productivos engorden demasiado y esto afecte negativamente a su eficiencia reproductiva. Como los aportes nutricionales son más eficientes, podemos mejorar el desarrollo y crecimiento de las novillas y mejorar las condiciones de las vacas en la fase de posparto. Por último, hay que tener en cuenta que permite controlar de forma individual el índice ISCA (Ingresos Sobre los Costes de Alimentación), un parámetro financiero que evalúa la relación entre los ingresos obtenidos de los litros de leche vendidos y los costes de alimentación del animal, arrojándonos datos muy importantes para el análisis de la rentabilidad de la explotación.

Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes, como puede ser el requerimiento de formación exhaustiva y conocimientos específicos en la materia para poder realizar las raciones, cuyo diseño es más complejo que el de las raciones convencionales. Esto se traduce en la necesidad de tener un buen asesor en nutrición en caso de que dentro del equipo de gestión de la explotación no haya uno. Es importante saber interpretar las tablas de alimentación y los datos recogidos para poder mejorar y seguir creciendo. Además, se requiere una inversión en instalaciones y equipamiento para la distribución del concentrado, pues se requiere un silo, conductos, impulsores, tornillos sinfín, etc.

4.4.2. Alimentación en el robot

Aunque en un primer momento parezca que la instalación de robots en la explotación no afecta a la alimentación de los animales, la realidad es que sí lo hace, ya que el robot suministra en cada ordeño unos kilos de pienso para incentivar las visitas del animal. Por tanto, se pasa de realizar una alimentación en la que todo se aporta con la ración del carro distribuidor a una alimentación disociada en la que los aportes se dividen en la parte de la cornadiza, ración base, y una parte complementaria en el robot.

Esta suplementación con pienso trastoca toda la ración que se venía dando a los animales, por lo que es necesario realizar ajustes en ella. Necesitamos saber los aportes de cada kilo de pienso para reajustar las proporciones de los alimentos de la ración hasta que vuelva a estar en equilibrio una vez se haya establecido la cantidad de pienso que suministra el robot por ordeño. Al tratarse de un aporte de alimento concentrado, lo más probable es que se reduzca la

cantidad de maíz y soja de la ración principal, para no provocar acidosis y otras patologías ruminales.

Gracias a la alimentación podemos fomentar el flujo de vacas en el patio y su entrada en el robot. Esto se consigue a través de una bajada de los aportes de la ración, lo cual provocará en el animal una sensación de “insatisfacción” y entrarán en el robot a satisfacerla con el pienso. Para ello debemos formular la ración para una producción seis u ocho litros menos de la media objetivo de la explotación, así nos aseguramos de que esto tiene efecto sobre todas las vacas del patio (M. Iglesias, 2025). También es importante controlar la concentración energética de la ración, para que surja el mismo efecto que el esperado con la cantidad de la ración. Los aportes del pienso del robot son principalmente energéticos y en menor medida proteicos, por lo que es importante equilibrar y ajustar bien la ración de carro para que se complemente bien con la cantidad de concentrado ingerida.

Por otra parte, es fundamental asegurar una cantidad suficiente de fibra efectiva para garantizar una salud ruminal óptima, pues es uno de los parámetros más importantes a controlar para garantizar una producción estable. En resumen, es muy importante compaginar de manera adecuada las raciones del carro y el robot para fomentar las visitas de las vacas al robot y para mantener las aportaciones nutricionales en equilibrio.

4.4.2.1. El pienso del robot

Los alimentos concentrados son aquellos que por unidad de peso tienen una fuerte concentración energética, proteica o de algún otro nutriente. A este grupo pertenecen los cereales, las tortas de oleaginosas, las grasas, las melazas, etc. Los piensos compuestos son mezclas de productos de origen vegetal o animal en su estado natural, frescos o conservados, o de sustancias orgánicas o inorgánicas, que contengan o no aditivos, que estén destinados a la alimentación animal por vía oral (P. Gutiérrez, 2022).

Dentro de los piensos podemos hacer distintas clasificaciones según el parámetro que escojamos. Así, según su composición, podemos encontrar piensos completos, complementarios o medicamentosos; según el origen de las materias primas, pueden ser convencionales o ecológicos. También se pueden diferenciar según su forma de presentación, teniendo los piensos en harina (todos los componentes van molidos hasta formar una mezcla relativamente homogénea), los piensos en migajas (los componentes se muelen, mezclan, granulan y rompen en pequeñas escamas) y piensos granulados (los componentes se muelen, mezclan y granulan).

El pienso utilizado en los robots de ordeño, por norma general, es un pienso granulado, y es elegido por varias razones. Una de ellas es su fácil manejo por los conductos y tornillos sinfín y su completo aprovechamiento por parte del animal, reduciendo el desperdicio de pienso, pues suele ser de un 5-10% cuando se usa en harina y menos de un 5% cuando se usa granulado. El tamaño del gránulo suele ser de 3-4 mm de diámetro, un tamaño pequeño más propio de otras especies, pero que por razones de manejo debe ser así, y de una dureza lo suficiente como para no romperse en su traslado y llegada al robot. A pesar de que la granulación permite utilizar un mayor porcentaje de materias primas poco palatables, es aconsejable incrementar el uso de aquellas cuya palatabilidad sea mayor, como cereales o melazas (M. Iglesias, 2025).

Este pienso se formula en base a los aportes de la ración del carro mezclador, de forma que, con el consumo de una determinada cantidad de pienso, el animal complete sus requerimientos nutricionales de forma óptima. Principalmente, se formula en base a los aportes energéticos y proteicos, como la mayoría de los piensos, pero se pueden incluir en él otros elementos como cenizas y correctores vitamínico-minerales.

A la mezcla de materias primas se puede agregar una serie de aditivos cuya función es mejorar las características del pienso, siendo los más comunes los conservantes, antioxidantes, anti aglomerantes... También se agregan aditivos organolépticos como los aromatizantes, que aumentan su aroma y palatabilidad, y juegan un papel fundamental en el consumo del pienso. Se suelen emplear productos derivados de cítricos y sirven para igualar el sabor del pienso, para que el consumo no se vea afectado, sin importar que varíe el sabor de las materias primas o que los animales cambien de lotes. Utilizar un pienso cuyas características se mantengan constantes es muy importante para evitar que los animales dejen de consumirlo (M. Iglesias, 2025).

Con el paso del tiempo, al dosificar el pienso en el robot, se genera un polvillo que se va acumulando en el robot, especialmente en la zona del pesebre, por lo que debemos prestar atención para que no se acumulen grandes cantidades. También es importante limpiar el pienso que los animales tiran al suelo cuando escarban con el hocico, pues los gránulos de pienso pueden atraer a roedores y otras plagas y, también, al humedecerse, forman una papilla que puede llegar a descomponerse.

4.4.3. Digestibilidad de los forrajes

A pesar de no estar íntimamente relacionado con la nutrición de precisión ni aparentemente con la alimentación en robots, la digestibilidad de los forrajes incide de manera decisiva en el consumo de alimento y la producción lechera. Podemos definir la digestibilidad como la velocidad de digestión y de paso de un alimento a través del aparato digestivo. Depende de varios parámetros, entre los que destacan el estado vegetativo de la planta – la digestibilidad de una planta disminuye a medida que va desarrollándose, pues aumenta la proporción de lignina –, el nivel de procesamiento del forraje y su composición química y contenido en fibra (lignina). Cuanto mayor es la digestibilidad de un forraje, mayor será la ingesta de ración y obtendremos mejores rendimientos, por lo que mejorará la eficiencia alimentaria (M. Iglesias, 2025).

Por tanto, podemos decir que la digestibilidad afecta de forma indirecta al ordeño voluntario, pues si el animal se sacia rápidamente con la fibra de la ración, no generaremos el efecto de “insatisfacción” y no acudirá al robot a comer la ración de concentrado. Por ello es importante controlar dos aspectos: la fracción no degradable de la ración y la densidad energética. La fracción no degradable es el porcentaje de la ración que el animal no es capaz de digerir y depende del porcentaje de lignina que presentan los componentes de la ración, siendo cada vez mayor a medida que la planta envejece. Sin embargo, es necesario aportar un porcentaje mínimo de esta fibra, denominado fibra efectiva, pues es lo que asegura que el rumen se mueva de forma correcta. En consecuencia, el valor de la fracción no degradable debe estar comprendido entre un mínimo que garantice la salud ruminal y un máximo que no sacie al animal.

También debemos cuidar la densidad energética de la ración, pues es otro de los parámetros que sacian a los animales. Si la ración que ofrecemos en las cornadizas contiene demasiada energía, es decir, demasiado almidón, las vacas no sentirán la necesidad de acudir al robot a saciarse con la ración de concentrado. Es recomendable que el porcentaje de almidón y azúcar sea menor que el 25% y debemos controlar la relación de su digestibilidad con la fibra efectiva (M. Iglesias, 2025). Si la densidad energética es demasiado alta, lo más probable es que se deba a que la ración de concentrado sea más elevada de lo recomendable y, por ello, como hemos visto en el apartado de bienestar animal, provoquemos problemas de acidosis ruminal y se resienta la producción de leche.

Por tanto, si se desea mejorar la digestibilidad de la ración, debemos utilizar forrajes de buena calidad y adecuados, dando prioridad a los más frescos si se dispone de ellos o escogiendo forrajes conservados con humedad (ensilados) antes que los henificados. Al tratarse de materias primas con una cierta calidad, su precio aumenta, por lo que deberemos realizar un pequeño estudio de aproximación para analizar si, desde el punto de vista económico, resulta rentable esta decisión.

4.4.4. Nuevas tecnologías en la alimentación de los animales

A lo largo de este estudio hemos mencionado otras máquinas, dispositivos y aplicaciones de la marca Lely que son complementarios al robot de ordeño y cuya función es aumentar el grado de tecnificación de la explotación y facilitar y optimizar el trabajo en ella. Estas tecnologías vienen a sustituir a otras máquinas y sistemas utilizados actualmente en las ganaderías y cuya eficiencia es menor que la de las nuevas tecnologías.

En este apartado relativo a la alimentación de los animales de la explotación debemos hablar de Lely Vector, aunque sea de manera esquemática y sin entrar en demasiados detalles. Lely Vector es un sistema automático de alimentación diseñado para proporcionar a cada grupo de animales acceso a una ración fresca y mezclada con precisión en función de sus necesidades. Consta de dos partes: el robot de mezcla y alimentación y la cocina de alimentación, donde se almacena, selecciona y carga el pienso (Lely.com, 2025). Este robot se encarga de preparar la ración para cada grupo de animales y repartirla a lo largo de la cornadiza del patio.

La cocina de alimentación (figura 4.4.1) es el espacio destinado a almacenar las materias primas que van a componer la ración, tanto los forrajes como los concentrados. Podemos incluir todas las que se necesiten, pues el robot no tiene un límite de ingredientes y escogerá las cantidades precisas de cada una de ellas según la ración que le indiquemos y el volumen total de esta. La cocina debe ser un lugar protegido de las inclemencias meteorológicas y en el que no haya plagas, para conservar todas las materias primas en un estado óptimo de higiene y calidad. A pesar de tener una cocina que cumpla estas condiciones, no es recomendable almacenar allí los forrajes y concentrados durante más de tres días, por lo que habrá que rellenarlo con cierta frecuencia (Lely.com, 2025). Dentro de la cocina se instala una pinza de carga de precisión que se mueve por un sistema de railes instalado en el techo y cuya función es coger las materias primas y cargarlas en el propio robot. La pinza de carga escanea la altura del pienso con un láser para cogerlo desde el punto más alto. El software de gestión de autoaprendizaje ayuda a la pinza a determinar la profundidad a la que debe extenderse para

recoger el peso deseado (Lely.com, 2025). También se pueden instalar silos para almacenar los concentrados y que tengan una salida con un dosificador que sea capaz de suministrar la cantidad adecuada de pienso.



Figura 4.4.1. Cocina de alimentación de Lely Vector en funcionamiento. (Fuente: Lely Center Bain-de-Bretagne).

La otra parte de este sistema es el robot, el propio Lely Vector que podemos ver en la figura 4.4.2. Se trata de un carro mezclador autónomo cuyas funciones esenciales son: recoger las materias primas en la cocina de alimentación, homogeneizar la ración y distribuirla por los patios. Para su funcionamiento cuenta con unas baterías de litio que se recargan en un punto concreto durante los tiempos en los que no tiene que funcionar. El control de este robot puede realizarse desde la aplicación Lely Control +, con la que podemos ver el estado general de la máquina, manejar su navegación y movimientos y controlar distintos aspectos relativos a su funcionamiento. Para moverse por la explotación, cuenta con unos motores de 550 W que accionan las ruedas y una serie de sensores de navegación que lo dirigen, permitiendo un desplazamiento fluido hasta en pendientes del 8%. En sus zonas frontal y lateral cuenta con sistemas de seguridad conectados, parachoques de protección y sensores de detección de obstáculos para garantizar unos desplazamientos seguros y evitar cualquier accidente con los operarios de la explotación. Para aumentar la seguridad, en la parte superior incluye una luz intermitente que da mayor visibilidad al robot, especialmente por la noche.

Una función menos relevante del Lely Vector Next es la de empujar la comida para que esté lo más cerca posible de las vacas. Esto lo hace gracias a la falda giratoria que hay a la altura del suelo y que gira para aproximar la comida a las cornadizas, pudiendo hacerlo a ambos lados

gracias a un sistema de elevación interno que permite el empuje tanto hacia el lado derecho como al izquierdo.

En uno de los laterales va instalado un láser que escanea la cantidad de comida que hay en la cornadiza y, en función de esto, suministra más o menos comida. Esta novedad es muy importante, pues gracias a ello evitamos situaciones de subalimentación y sobrealimentación, pues suministramos siempre la cantidad establecida para cada patio.

El compartimento principal es la cuba donde se introducen los forrajes y concentrados que componen la ración y cuya capacidad es para mezclar hasta 800 kg de alimento. Su diseño no dista mucho del de un carro mezclador convencional, pues cuenta con un tornillo sinfín vertical que mueve y mezcla los ingredientes de la ración y una “contracuchilla” que asegura una mejor mezcla. En la zona frontal se encuentra el distribuidor de la ración, otro rodillo vertical con cuchillas que se encarga de hacer una distribución uniforme a lo largo del pasillo de alimentación. Antes de que la comida llegue a la cornadiza, pasa por un potente imán que retiene cualquier elemento metálico que hubiese en la mezcla para evitar que llegue a las vacas.

El actual sistema de distribución de la ración es muy cómodo y sencillo de realizar, pues desde un tractor o la cabina del carro mezclador si es autopropulsado, se puede alimentar de forma eficiente a un elevado número de animales. Sin embargo, los avances tecnológicos nos indican que este método terminará siendo algo obsoleto. La gran ventaja de Lely Vector Next es que, gracias a este robot, se pueden reducir aún más las necesidades de mano de obra de la explotación, eliminando el trabajo de los dos operarios encargados de la alimentación de la granja. Esto ayuda a alcanzar el objetivo de manejar una explotación de vacuno de leche con el menor número de trabajadores. Sin embargo, al igual que ocurre en el caso del robot, el gran inconveniente de esta máquina es su elevado coste, pues la inversión que se debe hacer para implementarlo no está al alcance de todas las explotaciones.



Figura 4.4.2. Lely Vector Next en funcionamiento: acercando y distribuyendo la ración.
(Fuente: Lely).

4.5. CONSTRUCCIONES E INSTALACIONES EN LA EXPLOTACIÓN

CONSTRUCCIONES E INSTALACIONES EN LA EXPLOTACIÓN

A pesar de que el tema principal de este trabajo es el análisis de la transición de una sala de ordeño a un ordeño robotizado, debemos estudiar todo aquello con lo que está relacionado, como el alojamiento y las instalaciones de la explotación. En la mayoría de los casos se realiza una transformación, es decir, no se parte de cero teniendo total libertad para el diseño de las construcciones, sino que se deben adecuar y acondicionar las instalaciones ya existentes de una explotación para que sea lo más cómoda para los animales.

Existen distintos tipos de alojamientos para el vacuno de leche y no han parado de evolucionar desde hace años. La estabulación más primigenia es la fija, en la que los animales permanecen en una plaza fija durante el tiempo de estabulación. Este sistema está prácticamente en desuso; sin embargo, lo podemos encontrar en la zona norte de España en explotaciones familiares que cuentan con pocos ejemplares. La estabulación libre es la imperante en las ganaderías de rumiantes, encontrando tres variantes en el vacuno lechero: sistema de cama caliente, sistema de cama fría y sistema de cubículos.

Los sistemas de cama caliente y fría son muy similares, pues ambos se caracterizan por ser espacios diáfanos en los que se diferencian tres zonas: la zona de alimentación, cubierta y con cornadizas, donde se distribuye la ración; zona de ejercicio, descubierta y de suelo rayado para evitar caídas; zona de descanso, cubierta y con un material, generalmente paja, que sirve de cama. En la cama caliente el material no se remueve, sino que se distribuye material limpio por encima del sucio, por lo que las deyecciones comienzan a fermentar y alcanzar temperaturas medianamente altas. Por el contrario, en la cama fría se remueve todos los días el material de la cama, secándose y evitando las fermentaciones. Este sistema es más higiénico, pues evita la proliferación de microorganismos y reduce la emisión de malos olores, pero es más laborioso, pues requiere ser atendido a diario.

Pero actualmente el sistema más extendido es el de los cubículos. Los cubículos son plazas de descanso individual delimitada por barrotes de hierro fijos o móviles y que están diseñados para que la vaca se tumbe de cara y salga hacia atrás. Este sistema tiene varias ventajas frente a los anteriores: se necesita menos superficie por animal, menos cantidad de material, mayor limpieza... (Gutiérrez, 2022). Los materiales utilizados para la cama del cubículos son muy variados, yendo desde los neumáticos y colchonetas hasta la arena, pasando por la paja o la cascarilla de arroz.

En los siguientes apartados trataremos sobre el diseño de las construcciones y las instalaciones de la explotación para optimizar el flujo de animales en el robot y mejorar el trabajo diario de la ganadería.

4.5.1. Diseño de naves: tráfico libre.

Ya hemos indicado que no es muy común encontrarnos en una situación de un nuevo diseño en el que tengamos total libertad para proyectar la explotación con las dimensiones más adecuadas, sino que tendremos que transformar una explotación real y encuadrar en ella los nuevos elementos del ordeño robotizado.

En ambos casos debemos tener clara la premisa de basar el diseño de las naves e instalaciones sobre el concepto de tráfico libre, pues la libre circulación permite demostrar el comportamiento natural del animal (Escribano, 2025). El ordeño robotizado se basa fundamentalmente en el tráfico libre de animales, para que estos puedan ordeñarse cuando consideren oportuno y, como técnicos, debemos realizar diseños que lo faciliten en la mayor medida posible. Para lograrlo debemos fomentar un tráfico circular en el que los animales no tengan que andar grandes distancias y no se encuentren con obstáculos que los entorpezcan durante sus movimientos.

Uno de los fundamentos del tráfico libre es evitar el estrés de los animales, para así mejorar su bienestar y su productividad. Para ello, uno de los aspectos que debemos tener en cuenta es la configuración del espacio alrededor del robot, pues debe haber una distancia mínima de 6 metros entre el robot y el primer obstáculo para facilitar así su acceso y evitar largas esperas para el ordeño, algo que provoca estrés y nerviosismo en los animales. Este espacio libre de obstáculos debe ser algo mayor en caso de instalar dos robots en línea o en L. Además, los muros existentes en esta zona deben ser relativamente bajos, con una altura de 1,2 m como máximo (excepto los que necesariamente tengan que ser más altos para que no se escapen los animales), para que las vacas puedan ver por encima de ellos.

En la puerta de salida del robot no se deben colocar elementos que entorpezcan la salida de las vacas; se debe dejar un espacio suficiente para que estas puedan salir cómodamente aunque haya otros animales allí. Debemos evitar que las vacas, al salir del robot de ordeño, permanezcan inmóviles a poca distancia del robot y sortear la posibilidad de que se formen grupos de animales que entorpezcan los movimientos de los demás. Una recomendación es instalar un bebedero a unos metros de la salida del robot. El ordeño provoca en las vacas una

sensación de sed que, al salir del robot, desean mitigar. Por eso, la instalación de un bebedero a una distancia lo suficientemente lejos como para que no se paren a la salida, puede ayudar a evitar la formación de atascos.

4.5.2. Zona del robot

El robot debe instalarse en un lugar seguro, en el que no esté expuesto a sufrir daños por accidentes con la maquinaria, golpes de los animales o las inclemencias meteorológicas. Hay que diferenciar el muevo o jaula, donde entra el animal, y el propio robot, donde se encuentra todo el sistema tecnológico y eléctrico, junto con la unidad central. Para proteger estos dos últimos elementos se debe construir una sala de dimensiones lo suficientemente amplias como para trabajar con comodidad; en algunos artículos nos hablan de tres metros de ancho y cinco de largo (Trillo, 2019).

Por lo general, estas casetas se construyen con bloques de hormigón sobre una solera, enfoscados con cemento en su cara exterior y cubiertos con azulejos grandes en su interior, generalmente de color blanco. Lo que se busca al cubrir la cara interna con estos elementos es que el espacio pueda limpiarse con facilidad, y, en este caso, con simplemente agua a presión o ayudándonos con un cepillo se consigue. El suelo es recomendable que esté pulido, sin llegar a ser resbaladizo, y con las caídas del agua bien determinadas, para evitar encharcamientos dentro y facilitar la limpieza con la manguera. Este aspecto es recomendable, pues la limpieza del brazo del robot hace que constantemente se desperdicie agua y hay que recogerla con canalizaciones y pendientes adecuadas.

El tejado de la caseta será a un agua, inclinado hacia el lado exterior para que el agua no caiga sobre la jaula del robot y sobre el patio. El material más propicio es un panel tipo sándwich, con una capa de aislante entre las dos chapas para mantener el calor de la caseta en invierno y evitar que entre en verano. Además de la función aislante, este material es relativamente fácil de cortar, por lo que es interesante para poder realizar los agujeros necesarios para pasar por él el sistema de cables eléctricos, la tubería del agua, el sistema de conducción de la leche y las conducciones del pienso. Una vez instalados estos sistemas, se deben sellar correctamente los agujeros para impedir que entre el agua, viento, sol, etc.

En el interior de las paredes de la caseta se instalará una manguera con un acople que dé mayor presión al agua para poder limpiar con ello el interior de la sala, elementos de trabajo de los operarios o que sirva como punto de toma de agua en caso de que surja cualquier

necesidad. Se podrá también montar e instalar una estantería de algún metal galvanizado para colocar los distintos materiales de trabajo y limpieza (guantes, bolsas de basura, bayetas...), piezas de repuesto, garrafas con los productos del robot, etc. Debemos mantener las casetas de los robots ordenadas, para generar un espacio de trabajo cómodo, y limpias, para evitar la proliferación de enfermedades y plagas. Como ya indicamos en el anterior apartado, es importante que prestemos atención a la zona del interior del robot donde llega y se dispensa el pienso, pues su movimiento genera un polvo que se acumula en las paredes, suelo y rincones de la instalación. Hay que limpiarlo con frecuencia para que no se acumule y no atraiga a plagas de insectos y roedores, que acuden atraídos por la tranquilidad y la disponibilidad de alimento. Es imprescindible la colocación de trampas y repelentes para minimizar su presencia.

La entrada a la caseta desde el exterior se realizará a través de una puerta, y accederemos al interior del patio y sala de espera a través de unas aberturas en la pared de unos 30 cm de ancho por donde podrá pasar una persona de perfil, pero no un animal. Si este pasadizo es demasiado ancho, podremos correr el riesgo de que alguna vaca entre y quede atrapada por la zona del ijar, lo que supondrá un problema complicado de resolver. Para ver mejor la disposición de esta zona de entrada y salida a la caseta, nos apoyamos en la imagen de la figura 4.5.1.

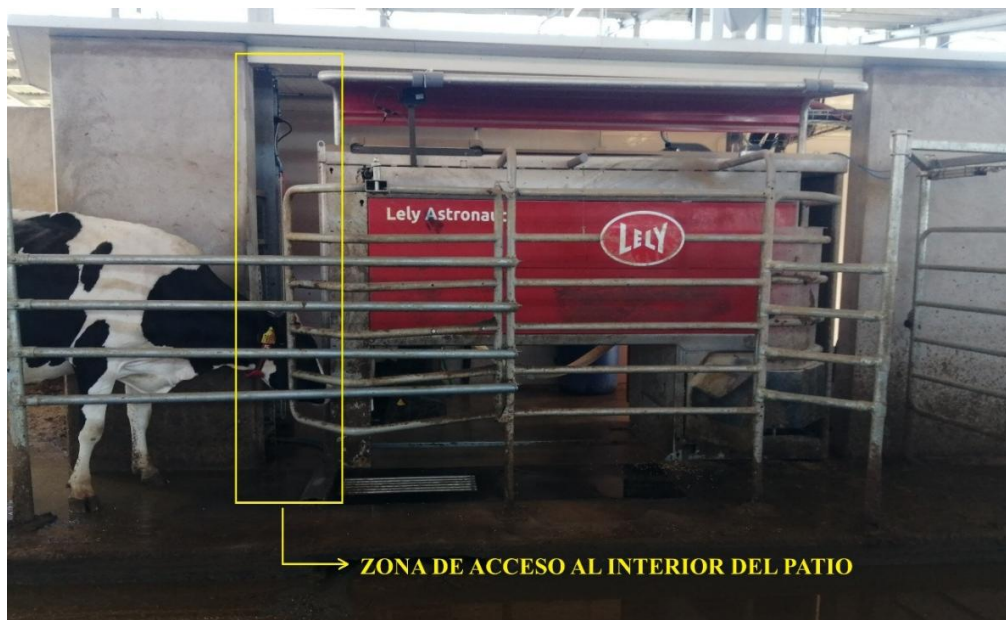


Figura 4.5.1. Vista exterior del robot con la zona de entrada y salida a la caseta señalada.

Existen granjas en las que no es necesaria la construcción de una caseta para el robot, pues las características de las instalaciones hacen que no sea necesario. Los diseños de las

instalaciones de robots son múltiples, pues las necesidades de cada explotación son distintas. Sin embargo, es importante asegurarse de que el robot estará protegido de cualquier daño que pueda sufrir. Además, es muy recomendable tener un sitio seguro en el que trabajar y tener las máquinas y los materiales de trabajo. En la figura 4.5.2 podemos ver un diseño distinto de la zona del robot, donde las necesidades de espacio y los materiales empleados son distintos a los que podemos ver en la anterior figura.



Figura 4.5.2. Diseño alternativo de la zona de robot. En este caso, desde un mismo punto se accede a dos unidades.

4.5.3. Área de espera

El área o sala de espera es un compartimento del patio delimitado por tres paredes y una puerta elevadiza en el que se introducen las vacas para su ordeño. Sus dimensiones deben ser lo suficientemente amplias como para que en ella quepan varios animales, unas cinco vacas adultas y seis o siete novillas. Las paredes que delimitan el área de espera serán de las mismas características que las de la caseta del robot, es decir, de bloques de hormigón prefabricado y enfoscado. El suelo será de hormigón armado; en este caso es importante que no esté pulido, sino que esté rayado, para evitar que las vacas se resbalen y caigan dentro, lo que sería fatal para sus articulaciones y haría que los animales cogieran miedo a entrar en la sala y, por consiguiente, en el robot; incluso podrían darse casos de animales que después de una caída sufran lesiones tan graves que inutilicen a los animales y haya que sacrificarlos.

Esta zona se situará junto al patio de producción, por lo que es necesario instalar una barrera física para evitar la entrada y salida de los animales entre la sala de espera y el patio. En

varios casos, esta separación se hace con una puerta que se abre y cierra de manera vertical, siendo elevada y bajada mediante un sistema de poleas y cuerdas que se accionan con un mando a distancia. Este sistema tiene la ventaja de permitir al operario subir y bajar la puerta de manera automatizada, sin tener que hacerlo él mismo, lo que ayuda a agilizar el trabajo. Sin embargo, tiene un inconveniente importante y es la fragilidad del sistema y la falta de seguridad. Estas puertas cuentan con dos ruedas en cada uno de los extremos que están en contacto con dos pilares que actúan como railes, pero tienen poca resistencia ante golpes, por lo que la puerta sale del marco con relativa facilidad. Si esto se produce con poca fuerza, el peligro no es muy grande; sin embargo, las vacas que hay dentro de la sala pueden salir bruscamente cuando la puerta está bajando y alguna puede sacarla del marco con violencia, pudiendo golpear y herir de forma muy grave a algún trabajador. Por esta razón se antoja imprescindible instalar un sistema de seguridad que afiance la puerta al marco, permitiendo exclusivamente que esta se mueva en vertical y no pueda salirse. Una solución puede ser la instalación de una pieza en forma de U a la altura de la rueda que actúe como agarradera.

A lo largo del día, todos los animales pasan por esta zona, bien sea de forma obligada o de forma libre, por lo que termina acumulando una cantidad importante de deyecciones. Como a esta zona no pueden llegar las arrobaderas, es necesario limpiarlo a mano, con rasquetas y agua a presión. Por eso es interesante que el suelo de la sala de espera tenga una ligera pendiente hacia el patio de producción, para facilitar la limpieza y ayudar a que el agua utilizada se deslice hacia la zona donde limpian las arrobaderas.

4.5.4. Zona de separación

Una de las novedades que se incluyen en el diseño de las explotaciones de ordeño robotizado, ya sean nuevas o adaptadas, es la creación de una zona de separación de animales en las inmediaciones de los robots. La idea es crear un pequeño compartimento en el que entren las vacas sobre las que hay que hacer alguna tarea: curas, inseminaciones, aplicación de tratamiento, etc.

Los animales son separados del resto del grupo cuando al entrar a ordeñarse, una de las puertas de salida cambia de posición para que el animal pase a esta zona en vez de regresar al patio de producción. Previamente debemos indicar en la aplicación de gestión qué vaca es la que deseamos apartar, para que al entrar en el robot este lea el trasponedor y modifique el rumbo del animal. Después, una vez está la vaca en esta zona puede volver a acceder al robot para que vuelva a ordeñarse si es necesario. Es importante indicar que esta zona está muy próxima al

patio de producción, por no decir que su separación no va más allá de unas vallas o una pared. Por esta razón, no debemos utilizar la zona de separación como lazareto; es cierto que podremos alojar a animales con alguna patología no grave, como cojeras o timpanismos. Pero aquellos que presenten alguna enfermedad contagiosa o de una gravedad elevada, deben ser llevados al lazareto o aislarlos si es preciso.

Esta zona está diseñada para albergar a pocos animales, aproximadamente el 10% de los animales que hay en el patio de producción, y durante el menor tiempo posible. Sin embargo, sus características de alojamiento son iguales que las del resto del patio. Cuentan con cubículos para el descanso de los animales, bebederos con agua limpia, cornadizas con acceso al patio de alimentación y un suelo por el que pasan las arrobaderas.

4.5.5. Otras zonas de la explotación.

Las explotaciones de vacuno de leche cuentan con más zonas donde se alojan los animales además del patio de producción. Podemos encontrarnos con la zona de secado, la zona de parto, la zona de postparto, la zona de la cría, los boxes de los terneros, etc. De forma general, todas estas zonas no sufren ninguna modificación cuando se instalan los robots de ordeño, pues estos no actúan en estos apartados de la explotación. Por esa razón, no existen diferencias importantes entre las características de las construcciones de estos cercados en explotaciones de ordeño convencional y las de ordeño robotizado.

4.5.6. Robots de limpieza sobre suelo de rejilla

Anteriormente hablamos sobre los distintos alojamientos de las vacas, pero no mencionamos una de las novedades que pueden facilitar el trabajo en la explotación. En prácticamente la totalidad de las explotaciones, el suelo de los patios es de hormigón rallado, y por él circulan las arrobaderas para eliminar las deyecciones de las vacas. Las arrobaderas son unas palas verticales de unos 20 cm de altura que, accionadas por un cable de acero atado a dos motores, recorren todo el patio raspando el suelo para arrastrar el purín que se acumula en él. En uno de los extremos de los patios se encuentra el foso de purines, y, cuando la arrobadera realiza el recorrido hacia él, lo hace con las palas en vertical para poder raspar; mientras, cuando realiza el recorrido en sentido contrario, eleva las pasas centrales para no arrastrar las deyecciones.

Este sistema está implantado en la totalidad de las explotaciones con cubículos, pues limpia el patio sin necesidad de que lo haga un operario con una rasqueta. Sin embargo, presenta problemas con cierta frecuencia y de distinta índole: salidas del carril de circulación, choques

contra paredes, paradas por no poder con la carga, rotura del cable, etc. Pueden incluso dañar las extremidades de los animales y tirar a una vaca al suelo, aunque tengan una función de parada si sienten cierta oposición al movimiento. Cualquier parada de las arrobaderas implica que el patio deja de limpiarse y, por tanto, el purín se acumula en él. Por esta razón, en algunas ganaderías están comenzando a utilizar sistemas de limpieza alternativos.

Una de estas alternativas es la instalación de un suelo de rejilla y el uso de un robot de limpieza para eliminar las deyecciones. Este sistema consta de un suelo de hormigón prefabricado con unas aberturas a modo de rejilla y, bajo la cual, se encuentra un foso que recoge las deyecciones que caen. Este sistema está muy expandido en otros sectores ganaderos, como por ejemplo el porcino. Su principal ventaja es que el suelo por el que pisan los animales siempre se mantiene limpio y, por esta razón, varias explotaciones de vacuno de leche se han decantado por él. Sin embargo, hay que tener cuidado con el tamaño de las rendijas, pues debe ser el adecuado para evitar resbalamientos y caídas de los animales.

Para ayudar con la limpieza del suelo, desde Lely lanzaron hace casi 20 años el robot Lely Discover Scraper (figura 4.5.3). Se trata de un dispositivo autónomo que recorre los patios de las naves empujando el estiércol para que pase a través de las rejillas y se elimine del patio. Su diseño inteligente le permite llegar a todos los rincones del establo, ayudando a mantener una higiene óptima, y puede trabajar día y noche sin molestar a las vacas. El rascador utiliza sensores para seguir de forma autónoma sus rutas preprogramadas. Su tamaño compacto le permite navegar fácilmente por debajo de las puertas de clasificación, entre las vacas y de un callejón a otro. (Lely, 2025). Además, cuenta con un equipo que suelta chorros de agua para reblandecer el estiércol seco y perfeccionar el proceso de limpieza.

Es muy interesante tener en cuenta este sistema para proyectos de nuevas naves, pues en naves ya construidas quizá es un proceso un tanto complejo por las obras y remodelaciones que hay que hacer en el patio y el tiempo que este queda inutilizable.



Figura 4.5.3. Lely Discover Scraper limpiando el suelo de un patio. (Fuente: Lely.com)

4.5.7. Instalaciones: conducciones y tuberías.

El nuevo sistema de ordeño no solo provoca cambios en el diseño de las naves y su construcción, sino que también conlleva la instalación de nuevos elementos, como por ejemplo el sistema de conducciones.

En prácticamente todas las explotaciones de vacuno lechero, la sala de ordeño se sitúa a escasos metros de la lechería, lo que implica que la distancia que recorre la leche desde que se extrae de la ubre hasta que llega al tanque de refrigeración no pasa de una decena de metros. La leche se recoge por un sistema de tuberías que la trasladan desde el punto de ordeño hasta el tanque donde se almacena hasta su retirada por el camión de la central lechera que compre la leche. Y estas tuberías en una explotación convencional constituyen un sistema sencillo y recogido en el que es fácil operar a la hora de instalarlo o si hay que solucionar algún problema.

Sin embargo, con la implantación de los robots de ordeño, se pasa de realizar el ordeño de todos los animales en un mismo punto, situado a escasos metros de la lechería, a hacerlo en varios puntos distribuidos por las naves de producción y que se encuentran, por norma general, a una distancia considerable de la zona de almacenamiento. Para transportar la leche desde los robots hasta la lechería se debe crear una red de conductos compleja.

En primer lugar, debemos indicar que esta red debe ser aérea, es decir, debe estar instalada en una zona alta a la que no puedan llegar las vacas. Este es el mejor sitio para su

colocación, pues enterrarla no sería en absoluto nada práctico, pues ante cualquier problema habría que desenterrarla, y si la instalamos a nivel del suelo, resultaría ser un obstáculo para realizar el trabajo diario. Por tanto, lo más lógico es crear una instalación a una altura considerable y que no entorpezca las tareas del día a día.

De cada robot sale un conducto que transporta la leche que en él se ordeña y se conecta a una tubería general, de mayor diámetro, que se encarga de transportar la leche de más robots hasta la lechería. Esta tubería general recorre las naves por la parte superior, sujeta por una canaleta de malla. Todas las tuberías que conducen la leche deben estar cubiertas por una capa de aislante que proteja a la leche de las altas temperaturas en verano y de las bajas temperaturas en invierno. Esto es importante especialmente para los meses de verano, pues la leche puede quedar paralizada durante unos minutos en la tubería general y, con las altas temperaturas, comenzaría a estropearse.

El agua se extrae de una perforación o de la red de abastecimiento y se conduce hasta sus puntos de uso a través de tuberías de PVC (cloruro de polivinilo) o de PE (polietileno). Estas se conectan a bebederos, al robot y a otros puntos, como por ejemplo mangueras de limpieza. El agua ha de llegar sin partículas, para evitar averías y atascos en el robot.

La canalización de las aguas residuales del robot es un tema interesante, especialmente en aquellas explotaciones cuyo sistema de alojamiento de los animales son los cubículos de arena. El robot es una máquina que, como ya hemos detallado en otros anejos, utiliza abundante agua para su limpieza. Esta agua, una vez ha sido utilizada, la elimina y, en la limpieza de los elementos externos, escurre hacia el suelo. Por esta razón hay que realizar un diseño que recoja y canalice toda esta agua sobrante. Las explotaciones que utilizan arena para encamar los cubículos, tienen el problema de que la arena se acaba extendiendo por todos los rincones del patio, y el robot no se escapa de esta expansión. Las vacas, al estar continuamente en contacto con ella, están manchadas de arena por las patas, la ubre y el vientre, principalmente. Cuando acuden al robot, durante su estancia y especialmente en el proceso de limpieza, se desprende una gran cantidad de granos de arena que terminan en el suelo y en las zonas que recogen el agua. Una parte de esta arena acaba eliminándose por la tubería de desagüe, por lo que a largo plazo provocará problemas de atascos. Para evitar esto, se debería de instalar un filtro en la entrada de estas tuberías para retener toda la arena que se recoge. El inconveniente de esta solución es que, debido al continuo flujo de animales, este filtro se tupirá con rapidez, por lo que habrá que limpiarlo con bastante frecuencia.

4.6. ESTRETEGIAS DE CONTROL LECHERO

ESTRATEGIAS DE CONTROL LECHERO

4.6.1. Protocolos de Control Lechero Oficial

Desde hace décadas, en España existe un organismo cuyo trabajo ha sido fundamental en la evolución de las razas lecheras y la productividad de las explotaciones productoras de leche. Estamos hablando del Control Lechero Oficial, una herramienta primordial para la mejora genética, productiva y sanitaria del ganado lechero. El Control Lechero es un sistema reglado que permite registrar y evaluar la producción individual de leche de las vacas en las explotaciones, así como otros parámetros importantes para el rendimiento y la selección animal. A pesar de que esta herramienta se organiza bajo la normativa del Ministerio de Agricultura, es gestionada de distinta forma por las comunidades autónomas interesadas, siendo las más importantes Galicia, gestionado por la Junta de Galicia; Cantabria, gestionado por la Asociación Frisona de Cantabria (AFCA); y Castilla y León, gestionado por la Unión de Asociaciones Ganaderas de Castilla y León (UAGCYL).

Las funciones del Control Lechero Oficial son diversas y se pueden agrupar en la siguiente enumeración:

- Toma de muestras mensuales para poder conocer y analizar la producción de leche por vaca al día y los días de lactación.
- Análisis cualitativo de las muestras de leche para conocer datos relativos a la calidad: grasa, proteína, células somáticas, urea, BHB...
- Recogida de datos reproductivos y genéticos para estimar el valor genético de los animales de la explotación: n.º de inseminaciones, n.º de partos, longevidad, semen utilizado, etc.
- Recogida de datos generales de la explotación: altas y bajas de los animales de la ganadería, posibles patologías y enfermedades que afectan a los animales...
- Elaboración de un informe de la explotación realizado a partir de los datos tomados en la visita.
- Apoyo al manejo del libro genealógico de la raza y a su mejora genética.

El procedimiento que se sigue para cumplir con todas estas funciones lo explica de forma clara y sencilla la página web de AFCA: “Cada controlador de AFCA tiene asignadas unas ganaderías. Cada mes el controlador realiza una visita a cada ganadería para realizar el Control Lechero. En esta visita, registra altas y bajas de animales, recoge datos de

inseminaciones que haya realizado el ganadero y de posibles enfermedades que tengan los animales, y recoge una muestra de leche de cada animal durante su ordeño. La muestra de leche se lleva al Laboratorio Interprofesional Lechero de Cantabria para su análisis. AFCA recoge todos los datos y elabora un informe para enviar al ganadero [...], todo ello en un plazo de 2 días de media.” (AFCA, 2023).

Los beneficios que ofrece el Control Lechero Oficial a los ganaderos son múltiples y, en comparación con el bajísimo coste que supone, compensa realizar la inversión. En primer lugar, este programa ayuda a los ganaderos a realizar una selección mucho más precisa, pues ofrece datos productivos y reproductivos de todos los animales que nos permiten elegir las mejores hembras y cruzarlas con machos mejorantes, para así aumentar el valor genético de los animales de nuestra explotación. Otro parámetro que nos ayuda a mejorar es la rentabilidad de la explotación, pues al conocer las producciones mensuales de los animales, su longevidad, días de lactación y demás datos productivos, podemos estimar cuáles son los más eficientes y así, con el paso del tiempo, mejorar la rentabilidad de la ganadería. Al analizar las patologías que afectan a los animales, podemos obtener conclusiones sobre algún problema existente en la granja y adoptar medidas para solucionarlo.

4.6.2. Desafíos para el Control Lechero Oficial

En los últimos años han aparecido varias novedades que han hecho evolucionar el sector de vacuno de leche, como por ejemplo las pruebas genómicas y los robots de ordeño. Esto ha hecho que las estrategias del Control Lechero deban actualizarse y adaptarse a los nuevos tiempos. En uno de los números más recientes de la revista Frisona Española, uno de sus artículos dice lo siguiente: “Con las condiciones económicas actuales, implementar un nuevo sistema de recogida de datos en granja para incorporar nuevos caracteres al programa de mejora genética es prácticamente inviable. Por ello, es de suma importancia acceder a los nuevos datos disponibles en granja que se recogen y se documentan de forma automática a nivel de cada animal para generar nuevos fenotipos y nuevos índices genéticos que sirven como herramientas para mejorar la productividad y la sostenibilidad del sistema de producción”. (Charfeddine et al., 2025).

4.6.2.1. Avances genéticos: prueba genómica.

La prueba genómica es una técnica novedosa utilizada para analizar el potencial genético de las terneras y así poder hacer una selección prematura de los animales destinados a la producción de leche. Se basa en la genotipificación del animal, es decir, en el análisis de una

muestra biológica (sangre, pelo o tejido) para identificar miles de marcadores genéticos (SPNs) distribuidos por todo el genoma del individuo. Además, existe una herramienta genómica muy extendida llamada CLARIFIDE Plus, cuya función es facilitar y acelerar el alcance de los objetivos genéticos de las explotaciones. Esta herramienta “permite realizar una comparativa con una base de más de cinco millones de animales, con la que conocer en qué punto nos encontramos y poder decidir qué animales criar” (Zoetis, 2023).

Para no extendernos demasiado explicando las pruebas genómicas, podemos resumir sus ventajas en los siguientes puntos:

- Mayor fiabilidad de la selección por la cantidad y calidad de los datos obtenidos.
- Rapidez de selección al descartar animales de forma muy precoz.
- Al optimizar el método y proceso de selección, mejoramos ciertos parámetros económicos de la explotación.

Sin embargo, este tipo de prueba puede suponer una amenaza para el trabajo y desarrollo del control lechero, pues solapa una de sus principales funciones. El objetivo de la prueba genómica es mejorar la genética de los animales de la explotación de una manera más fiable y temprana que con los métodos utilizados hasta ahora. “La información genómica mejora la fiabilidad de las predicciones a una edad temprana, por lo tanto, mejora nuestra capacidad de selección. La fiabilidad del pedigrí es en torno a un 20 %, mientras que en el caso de la genómica es en torno al 70 % de promedio; lo que resulta en una mayor exactitud a la hora de tomar decisiones” (Zoetis, 2023).

Este tipo de pruebas las hacen las ganaderías a través de empresas externas dedicadas a realizar trabajos genéticos. Como desde el Control Lechero se encargan de realizar informes y listados con el valor genético de los animales, quizá una forma de adaptarse a los nuevos tiempos es realizar ellos mismos las pruebas genómicas y con ellas realizar estos informes. De esta forma mantendrían su importancia en el sector vacuno lechero y extenderían un servicio que, a pesar de sus beneficios, no se realiza en cualquier explotación.

4.6.2.2. Los robots de ordeño en el Control Lechero.

Como estamos viendo, la implementación de robots de ordeño no sólo implica cambios en la estructura y el funcionamiento de la explotación, sino que también afecta al trabajo de entidades como el Control Lechero Oficial. El aspecto más importante y delicado del ordeño

con robots es que influye de forma directa en la rutina de trabajo de los controladores de este organismo.

Anteriormente hemos visto el procedimiento de trabajo que sigue el personal del Control Lechero Oficial, mediante el cual estos toman una muestra de leche de varias vacas de la explotación en la sala de ordeño para elaborar sus estudios e informes. Para coger la muestra, se necesita desconectar el punto de ordeño para que el trabajador pueda extraer la leche y meterla en un pequeño frasco. Existen salas de ordeño que cuentan con un homogeneizador que, como su nombre indica, homogeniza la muestra de leche, pues su composición varía en función del momento del ordeño. A pesar de que esta tarea ralentiza un poco el ordeño, no requiere un esfuerzo importante ni paraliza el ordeño.

Sin embargo, los robots no están diseñados para poder tomar muestras de leche de forma rápida y sencilla, y aquí es donde radica una de las principales problemáticas. Para poder tomar una muestra de leche de un robot de ordeño, en primer lugar se debe parar el robot para que no haga ninguna operación y después se desconecta uno de los conductos de la leche del robot para poder extraer la muestra.

Todo este complejo proceso hace que muchas granjas dejen de colaborar con los estudios que hace el Control Lechero. Si a esto le unimos la expansión de las pruebas genómicas y otros avances en este campo, llegamos a la situación actual, en la que, en algunos aspectos, el Control Lechero Oficial ha pasado completamente a un segundo plano. Pero no todos creen que este modelo de producción es difícilmente compatible con el trabajo del Control Lechero, pues Fernando Suárez Mouro, presidente de Africor Coruña, exponía en 2020: “En nuestro caso particular ya llevamos un tiempo con ordeño robotizado y hemos comprobado que se complementa perfectamente con el control lechero” (Vaca Pinta, 2020).

Desde un punto de vista objetivo, no debería de existir una problemática muy grande para continuar con los estudios del Control Lechero en las explotaciones que cuenten con robots de ordeño. Ya hemos mencionado en varias ocasiones que los robots de ordeño son capaces de ofrecernos una amplia variedad de datos relativos a la producción de leche y que su fiabilidad es bastante elevada. Es por ello que, al tener los datos en una aplicación de la que se pueden extraer varios informes, la cooperación entre ganaderías y el Control Lechero debería ser más fácil que nunca.

El dilema está en el análisis composicional de la leche para saber el porcentaje de grasa, proteína, etc. Sin embargo, en apartados anteriores de este estudio hemos mencionado que ciertos robots de ordeño, como el Lely Astronaut A5, tienen la capacidad de analizar el porcentaje de grasa y proteína de la leche. Desde la dirección del Control Lechero se podría valorar la opción de homologar el sistema de análisis de la leche que contiene el robot para así poder aprovechar los datos que nos ofrece. Esta homologación no significa que desde este organismo se acepte de cualquier manera el sistema actual, sino que, en caso de no estar conformes con su calibración, se lleguen a acuerdos con los fabricantes de robots para que instalen un sistema que satisfaga a todas partes. De esta manera se evitaría toda esta problemática y se conseguiría simplificar el trabajo de los controladores.

4.7. PROGRAMA DE GESTIÓN DEL ROBOT

PROGRAMA DE GESTIÓN DEL ROBOT

Podemos hacer un símil con la anatomía entre el cuerpo humano y la instalación de robots de ordeño en una explotación: el robot propiamente dicho serían las extremidades del cuerpo, capaces de realizar múltiples operaciones físicas; mientras, la aplicación de gestión del robot sería el cerebro de ese cuerpo, capaz de analizar y almacenar datos, procesar información, generar gráficas, etc. Con la aparición de los robots de ordeño en el panorama ganadero, aparecieron también las aplicaciones informáticas para la gestión de estos robots. Las tres funciones básicas de estas herramientas son: monitorizar las operaciones de la granja, analizar los datos obtenidos del ordeño y los relativos al mismo y, por tanto, optimizar la producción de la explotación.

Cada marca fabricante de robots ha desarrollado, y continúa perfeccionando, una aplicación para la gestión de su robot. Así, DeLaval ha desarrollado la aplicación DeLaval DelPro, UNIFORM-Agri ha desarrollado una aplicación capaz de gestionar los robots que tengamos en la explotación, De Heus ha desarrollado su propia aplicación llamada Robot Expert, etc. Sin embargo, al igual que hicimos con el robot, nos centraremos en la aplicación desarrollada por la marca holandesa Lely: Lely Horizon. Lely Horizon es una solución de gestión de granja digital de Lely. Funciona como un asistente digital que conecta a los ganaderos con sus dispositivos Lely, sus vacas, sus datos y su equipo. Gestiona la información de todos los dispositivos Lely y la integra con datos de terceros, ofreciendo una visión completa y unificada de la granja (Contacto personal con trabajadores Lely).

4.7.1. Lely Horizon

Ya hemos indicado que Lely Horizon es la aplicación de gestión de los robots Lely Astronaut, pero es más que eso. A continuación veremos cómo esta aplicación sirve para analizar infinidad de datos relacionados con la explotación, optimizar la toma de decisiones y mejorar la dinámica de trabajo y eficiencia de la explotación. Todas las imágenes que vemos en las distintas figuras de este apartado han sido obtenidas mediante capturas de pantalla de la aplicación Lely Horizon Demo.

4.7.1.1. Pantalla inicial: Panel de control.

Cuando abrimos la aplicación, lo primero que nos aparece es la pestaña inicial en la que encontramos varios widgets con información general relativa a prácticamente todos los parámetros de análisis y de interés (figura 4.7.1). Esta pestaña se denomina “Panel de control”

en la barra horizontal que encontramos en la parte superior de la aplicación, donde podemos encontrar el resto de ventanas.

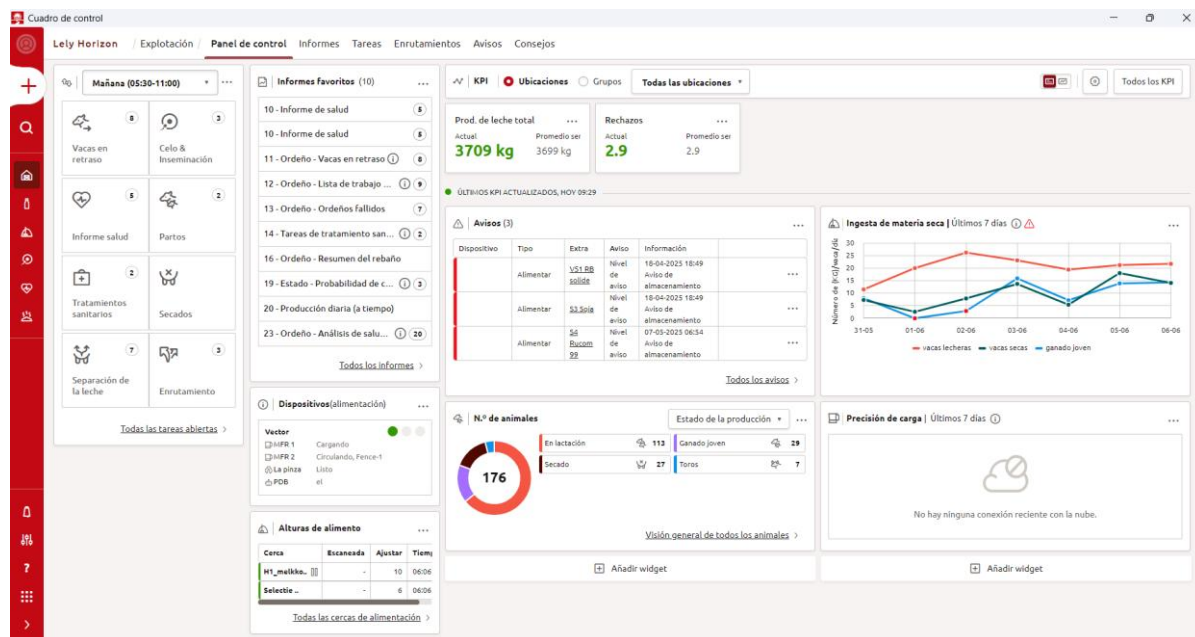


Figura 4.7.1. Vista de la pestaña principal del programa Lely Horizon, el panel de control.

En la parte izquierda de la pantalla encontramos la barra de entradas en la que vemos los grupos de datos y operaciones: navegación principal (ordeño, alimentación, reproducción...) y acciones inferiores (alarmas, gestionar enrutamientos, ayuda...). También hay un botón representado con el símbolo +, que permite añadir acciones tales como tratamientos de salud (grupales) o inseminaciones. Este botón se puede usar también para añadir nuevos animales o informes y las acciones que puede realizar dependen de la página en la que se encuentre (Lely Horizon Demo, 2025). Si continuamos hacia la derecha, lo siguiente que podemos ver es el cuadro que incluye las tareas que debemos hacer ese día, que incluyen: vacas en retraso que debemos meter al robot, informe de salud en el que aparecen las vacas enfermas, celo e inseminación y partos de los últimos días. Este cuadro será uno de los más visitados por su importancia en el seguimiento de las tareas del día a día, pues como vemos abarca prácticamente todos los aspectos que se trabajan cada jornada.

El siguiente cuadro que nos aparece es el que incluye todos los informes que la aplicación genera a partir de los datos obtenidos de los ordeños y los que introduce el ganadero en él. Los informes son múltiples y de distinta índole: informe de salud, informe de ordeño (vacas en retraso, lista de trabajo de salud de ubre, ordeños fallidos), tareas de tratamiento sanitario, producción diaria (a tiempo), calendario (secado esperado, control de

reproducción)... Otro acceso alternativo a esta sección de informes es el que encontramos en la barra horizontal superior, en la que la segunda pestaña, “Informes”, nos lleva al mismo sitio. La función de estos informes es realizar una especie de radiografía con todo lujo de detalles y que, al leerlos, podamos saber en qué estado se encuentra la explotación y saber qué cosas no van bien y hay que mejorar o corregir, y cuáles son los aciertos que se deben mantener. Más adelante trataremos esta función con más profundidad.

En la mitad derecha de esta pantalla tenemos una de las secciones más importantes de la aplicación y que ocupa gran parte de esta ventana: los KIP (figura 4.7.2). Los KPI o indicadores clave del rendimiento proporcionan información sobre el rendimiento de la explotación, las vacas y los robots. Los KPI en la pantalla de inicio muestran el rendimiento correspondiente a los siete días anteriores. Además, se muestra el promedio correspondiente a la última semana y los valores actuales (Lely Horizon Help, 2025).

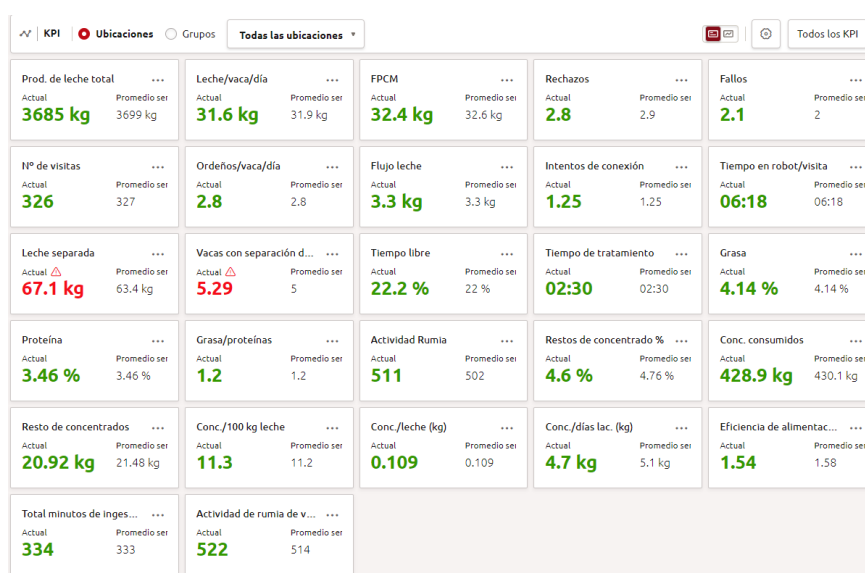


Figura 4.7.2. Vista general de parte de los indicadores clave del rendimiento.

Debajo de los indicadores que vemos en la figura 4.6.2 encontramos otros indicadores, como el gráfico general del número de animales en la explotación según el grupo o el gráfico de la ingesta de materia seca en función del grupo de animales. Este último apartado ha experimentado una mejora en las últimas actualizaciones, pues ahora muestra la ingesta durante las últimas 24 horas en lugar de la ingesta del día de ayer, lo que permite detectar los desvíos con mayor rapidez. Dentro de estos cuadros podemos ver uno cuya importancia es algo superior a otros y es el widget de avisos, al que se puede acceder desde esta ventana principal o desde la barra horizontal superior, en la quinta pestaña llamada “Avisos”. Como se puede deducir, la

función de este apartado es agrupar avisos y recordatorios de tareas que se deben realizar o asuntos que se deben tratar con cierta urgencia.

4.7.1.2. Vacas en retraso

Uno de los informes que más se utilizarán a lo largo del ordeño robotizado es el de “Vacas en retraso”, especialmente durante el periodo de habituación y los primeros meses de ordeño. Se puede acceder a este informe desde la ventana del panel de control en dos widgets que encontramos en la mitad de la izquierda, como podemos ver en la figura 4.7.3. También se puede acceder desde la pestaña de “Informes” que encontramos en la barra horizontal superior.

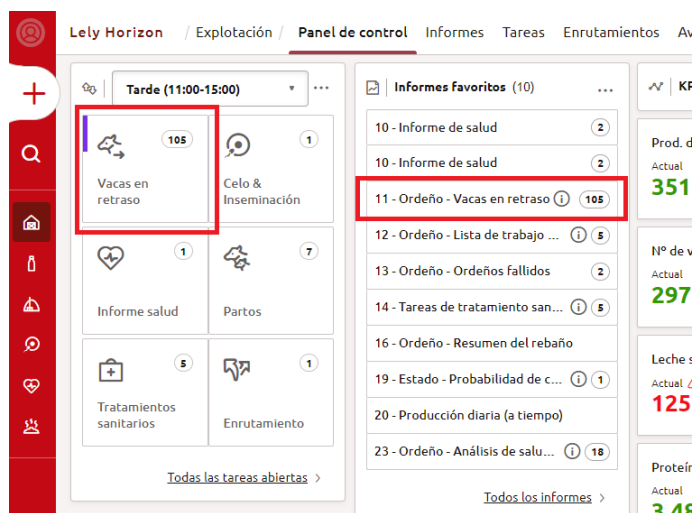
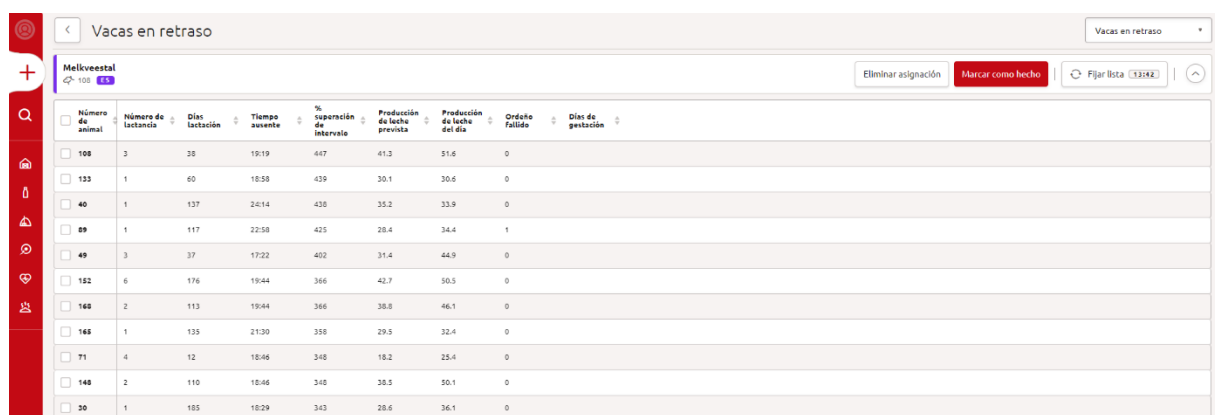


Figura 4.7.3. Widgets de acceso al informe de “Vacas en retraso” desde el panel de control.

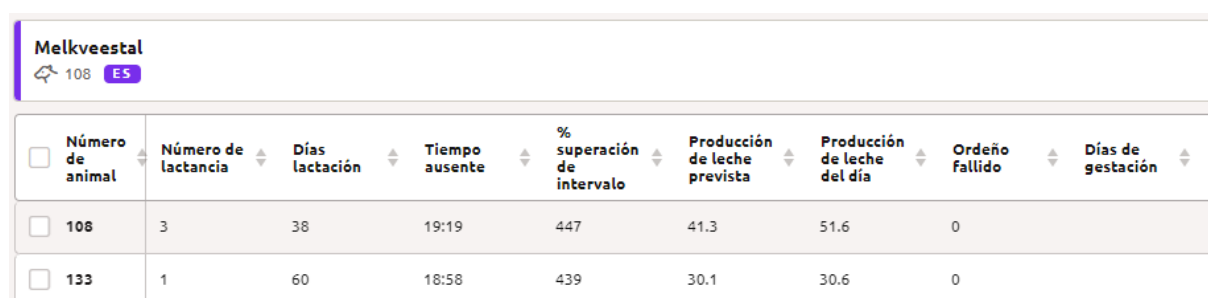
Una vez se entra en el informe, encontraremos distintos informes que se han ido creando. Por norma general, cada patio tendrá un informe al que llamaremos de un forma que sea fácilmente identificable. También es posible hacer más de un informe por patio, si se hacen grupos de animales dentro de un mismo patio. Se podrá acceder a estos informes de dos formas distintas: como lector, es decir, sin modificar nada de lo que en ellos aparece, o como trabajador, si deseamos modificar algún aspecto.

Cuando se ha accedido al informe de las vacas en retraso, nos encontraremos una tabla como la que vemos en las figuras 4.7.4 y 4.7.5. En esta tabla aparecen varios datos, pero son cuatro los que verdaderamente importan para reducir el número de retrasos: número de la vaca, para identificar qué vacas no han entrado al robot; tiempo ausente, indica cuánto tiempo lleva sin tener un ordeño correcto; número de fallos, indica cuantos fallos ha dado la vaca en las

últimas visitas; número de rechazos, indica cuantas veces ha expulsado el robot a la vaca después de no haber podido conectar las pezoneras. Estos datos son esenciales para mejorar las dinámicas de ordeño de ciertos animales, pues algunos sí acuden al robot, pero por distintos motivos no consiguen ordeñarse de forma correcta (pezones pequeños o deformes, ubre lacia, poca cantidad de leche extraída, etc.).



Número de animal	Número de lactancia	Días lactación	Tiempo ausente	% superación de intervalo	Producción de leche prevista	Producción de leche del día	Ordeño fallido	Días de gestación
108	3	38	19:19	447	41.3	51.6	0	
133	1	60	18:58	439	30.1	30.6	0	
40	1	137	24:14	438	35.2	33.9	0	
89	1	117	22:58	425	28.4	34.4	1	
49	3	37	17:22	402	31.4	44.9	0	
152	6	176	19:44	366	42.7	50.5	0	
160	2	113	19:44	366	38.8	46.1	0	
165	1	135	21:30	358	29.5	32.4	0	
71	4	12	18:46	348	18.2	25.4	0	
148	2	110	18:46	348	38.3	50.1	0	
30	1	185	18:29	343	28.6	36.1	0	



Número de animal	Número de lactancia	Días lactación	Tiempo ausente	% superación de intervalo	Producción de leche prevista	Producción de leche del día	Ordeño fallido	Días de gestación
108	3	38	19:19	447	41.3	51.6	0	
133	1	60	18:58	439	30.1	30.6	0	

Figuras 4.7.4 y 4.7.5. Vista del informe de “Vacas en retraso” y los datos que ofrece.

Existe la posibilidad de marcar aquellas vacas que ya se han metido en la sala de espera o que tienen alguna particularidad, para que al entrar en el informe sepamos si se ha hecho alguna operación. Cuando las vacas entran al robot y se ordeñan con normalidad, al salir de él, desaparecen de la lista de este informe.

Se debe indicar que el encargado puede modificar el número de horas sin visitar el robot a partir de las cuales se considera que las vacas están en retraso. Como se detallará en el apartado relativo a la habituación, a medida que pasan los días después del primer ordeño, se debe aumentar el número de horas sin visitar el robot, para que las vacas no creen el hábito de ordeñarse sólo cuando el trabajador va a buscarlas cada ocho o diez horas.

Si se pincha sobre uno de los animales que aparece en la lista, la aplicación nos mostrará un informe muy exhaustivo con numerosos datos relativos a todos los ordeños y visitas que ha

realizado este animal al robot. Como podemos ver en la figura 4.7.6, los datos son tan variados que abarcan desde la fecha y hora de la visita hasta el tiempo muerto y de ordeño por cada cuarterón, pasando por la velocidad de salida de la leche y el tiempo que ha estado en el cubículo, es decir, el tiempo entre dos visitas consecutivas.

<

108, Rosalie 193 Visitas de ordeño

133 >

Editar la información de la vaca

Número de vida:

Grupo: Koeien

Días en lactancia: 38 (3.º lactancia)

Ubicación: Melkveestal

Estado de reproducción: Sin inseminar sin aviso (38)

Visión general

Alimentar

Actividad

Leche

Lactancia

Eventos

Margen

Pedigrí

Fecha/hora de visita	Nombre del disposit	Producc de leche	Producc esperad en la visita	Descripc	Velocidz de la leche	Velocidz máx.	Interval	Tiempo en cubicul	Tiempo de tratami	Temper. de la leche	Tiempo muerto de ordeño				Duración del ordeño				Conexiones				Destino de la leche	Direcció de enrutam	Botella núm.
											DI	DD	TI	TD	DI	DD	TI	TD	DI	DD	TI	TD			
AVG		16.5									9	9	9	9											
SUM		1252.6																							
21-05-2025 13:53	Robot 1	7.3		Correcto	0.8	4.4	48:00	11:23	1:57	38.0	0:10	0:10	0:10	0:11	9:01	9:21	9:26	9:23	2	1	1	1	M4Use	Strohok	0
22-05-2025 03:29	Robot 2	12.0	4.1	Correcto	2.1	6.2	13:35	8:01	2:14	37.6	0:09	0:09	0:09	0:09	5:34	5:41	5:44	5:47	1	1	2	1	M4Use	Stal	0
22-05-2025 13:02	Robot 2	12.6	2.9	Correcto	2.1	8.0	09:32	8:14	2:09	39.1	0:09	0:09	0:09	0:09	5:49	5:47	6:05	5:55	1	1	1	1	M4Use	Stal	0
22-05-2025 14:50	Robot 1			Interval			01:47	0:12																	
22-05-2025 23:12	Robot 1	11.5	8.3	Correcto	3.1	7.0	10:09	6:12	2:28	39.6	0:11	0:10	0:10	0:10	3:34	3:39	3:44	3:39	1	1	1	1	M4Use	Stal	0

Figura 4.7.6. Vista del historial de ordeños y datos relativos a una de las vacas.

La riqueza de datos que obtiene y maneja este programa se puede comprobar al analizar este informe, que nos ofrece una amplísima y detalla vista de un solo parámetro de los múltiples que controla.

4.7.1.3. Alarmas

Siempre se utilizan como ejemplo escenarios ideales en los que todo sale a la perfección y como teóricamente debería ser. Sin embargo, en muchos casos la realidad no se corresponde con estas hipotéticas situaciones, sino que son más bien todo lo contrario. A pesar de que los beneficios de los robots son múltiples y, por lo general, su trabajo resulta eficiente y eficaz, durante el día a día surgen problemas que no podemos evitar. Y para avisar de estos problemas y contratiempos, los robots Lely Astronaut y la aplicación Lely Horizon tienen una función de alarma que lanza un mensaje al teléfono del encargado para notificar de ello.

Se puede hacer una primera clasificación de las alarmas, diferenciando las críticas de las normales o menos urgentes. Durante el día, la forma que tiene el robot de avisar del problema es mediante una llamada al teléfono del encargado. Estas llamadas se producen con independencia de la gravedad del problema, bien sea una alarma por la falta de detergente alcalino para la limpieza o bien que el robot ha sufrido un apagón y no está operativo. Como los robots funcionan durante todo el día, día y noche, durante las horas nocturnas también existe el riesgo de que ocurra algún problema. Sin embargo, durante el horario nocturno, el robot sólo lanza una llamada al encargado en caso de que se produzca una alarma crítica; aquellas alarmas de menor gravedad las notifica mediante un mensaje.

Como hemos mencionado, las alarmas son de índole muy variada, pues, al tratarse de una máquina compleja, los problemas pueden surgir por varios motivos. Dado el gran número de alarmas existentes, no se pueden mencionar todas, ni mucho menos explicarlas con detalle, por lo que se realizará una clasificación y breve explicación de las más comunes e importantes. Para ello, se diferenciarán tres grandes grupos: las alarmas relacionadas con los animales, las alarmas técnicas del sistema del Lely Astronaut y las alarmas de rendimiento y productividad.

Alarmas relacionadas con los animales.

Alarma por no presentación. Esta alarma se activa cuando algún animal no ha entrado en el robot durante más de ciertas horas, las cuales serán determinadas por el ganadero o encargado. Esta alarma está relacionada con el informe de vacas en retraso y, en grandes explotaciones, se desactiva, pues si no saltaría una cada pocos minutos.

Alarma por demasiado tiempo en la sala de espera. Cuando metemos vacas en la sala de espera, hay alguna que no entra en el robot si no es obligada. Por eso, cuando indicamos al robot la presencia de un número de vacas – para que al ordeñarse todas, se abra la puerta de la sala de espera – y este detecta que alguna de ellas no ha entrado en un tiempo, lanza un aviso de la presencia de una vaca que no entra. De esta forma, se evita que el robot esté parado y que no se acumulen vacas en retraso.

Alarma por reproducción o celo. Cuando una vaca está en celo, aumentan su actividad y movimientos, algo que el transponedor de Lely Tags lo detecta y envía una señal al encargado para notificar su estado reproductivo. De esta forma se consigue optimizar las inseminaciones.

Otras alarmas: alarma por conducta anormal, alarma por caída, alarma por intervalo de ordeño demasiado corto...

Alarmas técnicas del sistema del Lely Astronaut.

Fallo en la conexión eléctrica o de red. Esta alarma indica la falta de continuidad de suministro de energía eléctrica, lo cual puede dañar algún elemento del sistema, o la inestabilidad de la conexión a la red. Esto puede desencadenar en problemas más graves y paralizar el ordeño.

Problemas con la bomba de vacío. Cuando la calidad el flujo de aire no es la correcta y el ordeño no se está realizando como debería, el robot emite una alarma para evitar que se dañe algún elemento o dispositivo interno.

Obstrucción en la línea de leche. Si el robot detecta que la leche no se conduce por las tuberías de forma normal o que no consigue moverla, se lanza la alarma para analizar si existe alguna obstrucción física exterior o el problema es interno.

Otras alarmas: fallo en la limpieza del robot, nivel bajo de detergente, obstrucción en la línea de alimentación, falta de reactivo MQC...

Alarmas de rendimiento y productividad.

Este tipo de alarmas son menos importante y más intuitivas, pudiendo relacionarlas más bien con un informe que con un aviso crítico de un problema. A este grupo pertenecen la alarma de producción de leche por debajo del promedio, la alarma por tiempo excesivo de ordeño y la alarma por baja frecuencia de ordeño.

La tabla 4.6.1, que vemos a continuación, nos sirve como resumen de las alarmas comentadas.

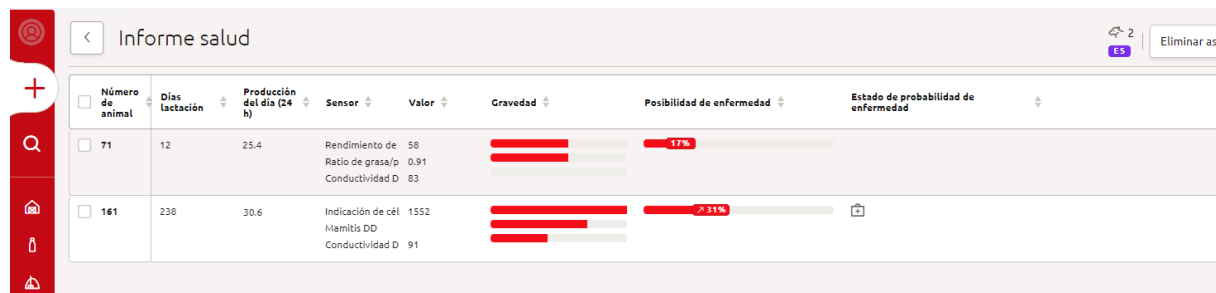
Alarmas relacionadas con los animales	Alarma por no presentación Alarma por no presentación.
	Alarma por demasiado tiempo en la sala de espera.
	Alarma por reproducción o celo.
	Otras: alarma por conducta anormal, alarma por caída, alarma por intervalo de ordeño demasiado corto...
Alarmas técnicas del sistema del Lely Astronaut	Fallo en la conexión eléctrica o de red.
	Problemas con la bomba de vacío.
	Obstrucción en la línea de leche.
	Otras: fallo en la limpieza del robot, nivel bajo de detergente, obstrucción en la línea de alimentación, falta de reactivo MQC...
Alarmas de rendimiento y productividad	Producción de leche por debajo del promedio.
	Tiempo excesivo de ordeño.
	Baja frecuencia de ordeño.

Tabla 4.6.1. Resumen de las alarmas más importantes emitidas por Lely Astronaut.

4.7.1.4. Informe de salud

Este informe nos ofrece una vista de los animales enfermos de la explotación y su evolución. Permite al ganadero realizar un seguimiento detallado de las patologías que afectan a las vacas, los tratamientos que se les aplica y su evolución, ya sea favorable o desfavorable. A él se puede acceder de la misma forma que al informe de “Vacas en retraso”. Además, según los datos recogidos en el ordeño y en otros dispositivos, como el Lely Tags, este informe puede

ofrecer un diagnóstico precoz o un aviso de la posibilidad de que haya un animal enfermo. La vista general del informe la podemos ver a continuación en la figura 4.7.7.



Número de animal	Días lactación	Producción del día (24 h)	Sensor	Valor	Gravedad	Posibilidad de enfermedad	Estado de probabilidad de enfermedad
71	12	25.4	Rendimiento de Ratio de grasa/p Conductividad D	58 0.91 83		17%	
161	238	30.6	Indicación de cél Mamitis DD Conductividad D	1552 91		31%	

Figura 4.7.7. Vista general del informe de salud de los animales de la explotación.

Los datos que aparecen en este informe son muy reveladores y se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Información del animal: N.º de animal, días en lactación y producción láctea del día. Sirven para identificar el animal que está enfermo y el contexto de su situación.
- Sensor y valor: indica el ámbito en el que se ha producido la anomalía y el valor que se ha obtenido de su medición. Un ejemplo claro puede ser la conductividad de un cuarterón y el valor que se ha obtenido de su reciente medición.
- Gravedad: indica el grado de importancia de la patología.
- Probabilidad de enfermedad: indica el grado de posibilidad de desarrollo de la patología detectada.

Si se pincha en uno de los animales que aparece en el informe, se despliega el cuadro que podemos ver en la figura 4.7.8, en el que podemos indicar más datos. En este caso, los datos son relativos al tratamiento veterinario que se va a aplicar al animal. En primer lugar se puede indicar la fecha, el lugar y el tipo de enfermedad detectada y la fecha de inicio del tratamiento. Después, se puede volver a indicar la patología y el tratamiento que se ha decidido seguir. La aplicación cuenta con una base de datos de distintos medicamentos, pero si el que se va a utilizar no aparece, se puede desplegar una ventana en la que se indican todas las características del producto o tratamiento. Continuando con la información a rellenar de esta ventana, nos encontramos con los datos de la persona que va a realizar el tratamiento, generalmente deberá ser un veterinario, y el número de receta del medicamento prescrito. Para terminar, existe la posibilidad de indicar alguna observación sobre el procedimiento.

Tratamiento sanitario 161, Rosalie 159 [X]

Fecha / Enfermedad / Lugar
Nuevo

Fecha de inicio del tratamiento
19-06-2025

☒ Utilizar plan de tratamiento ☐ Rellenar manualmente ☐ Ninguna medicina utilizada

Plan de tratamiento
Seleccione [+]

Enfermedad
Seleccione

Cualquier acción que deba ejecutarse se mostrará aquí tras seleccionar un plan de tratamiento.

Persona
ES

N.º de receta

Observaciones
Introduzca aquí sus observaciones...

[Cancelar] [Aplicar cambios]

Figura 4.7.8. Ventana de los datos del tratamiento veterinario aplicado a ese animal.

El informe de salud que ofrece Lely Horizon permite a los ganaderos realizar una gestión más ágil, precoz y precisa del estado sanitario de sus animales. Esto provoca una mejora del bienestar de los animales de la granja y de la productividad de la explotación.

Lely Horizon es una de las aplicaciones más importantes dentro de la ganadería de precisión. Su amplísima base de datos y capacidad de procesamiento hacen que, junto con la capacidad de interpretación de los ganaderos, se consiga optimizar el trabajo en una explotación ganadera. Esta aplicación ayuda a mejorar la eficiencia de las granjas, pues ofrece una imagen verídica y fiable de la situación de la granja, lo que ayuda a mejorar la eficacia de la toma de decisiones. Todo ello se traduce en una mejora del bienestar animal y de la eficiencia y rentabilidad de las explotaciones, aspecto fundamental en el devenir de la ganadería.

5. RESULTADOS

5.1. HABITUACIÓN E INICIO DEL ORDEÑO ROBOTIZADO

HABITUACIÓN E INICIO DEL ORDEÑO ROBOTIZADO

El paso del ordeño en sala al uso de robots no sólo afecta al personal que trabaja en la explotación, sino que también afecta a los animales de producción, en este caso las vacas. Este paso supone un cambio radical de la dinámica de trabajo en una explotación de vacuno de leche, pues los animales pasan de salir dos o tres veces de sus patios para ordeñarse a permanecer en el mismo patio durante varios meses, si no se produce ningún inconveniente.

El ganado vacuno es un tipo de animal gregario y de costumbres: come a la misma hora, sestea durante el mismo tiempo, etc. Las vacas que están destinadas a la producción de leche tienen un hábito muy marcado: el ordeño. Durante todos los días que pasan en los meses de producción, todas ellas son conducidas dos o tres veces al día, según la explotación, hacia la sala de ordeño a la misma hora. Por ejemplo, una explotación que ordeñe tres veces al día tendrá que llevar las vacas a la sala una vez por la mañana (p. ej. 09:00), una por la tarde (p. ej. 17:00) y otra por la noche (p. ej. 23:00). Al repetirse durante todos los días, los animales acaban aprendiendo que a esas horas tienen que ir hacia la sala, y muchas de las vacas esperan remoloneando cerca de la puerta de salida. De esta forma crean un hábito muy marcado en su día a día, que al pasar a un ordeño robotizado supondrá un inconveniente importante.

5.1.1. Periodo de habituación

Cuando ya están instalados los robots de ordeño en los patios de producción, las vacas no se ordeñan la primera vez que entran en ellos. Al principio se las somete al llamado periodo de habituación, que engloba 10 días aproximadamente en los que las vacas siguen ordeñándose en la sala, pero se las obliga a entrar a los robots con la intención de crear en ellas el hábito de entrar al robot y acaben entrando por voluntad propia. También esto se hace para reducir el número de vacas en retraso durante los primeros días de ordeño y así facilitar las labores del personal de trabajo. Las vacas en retraso son aquellas que no han entrado en el robot de forma voluntaria durante un número determinado de horas y deben ser llevadas para que allí se ordeñen. El número de horas se determina en función de los días que lleven ordeñándose con el robot, siendo unas 8 horas de retraso los días posteriores al primer ordeño con el robot, 10 horas a partir de los cuatro días del primer ordeño y 12 horas o más después de los primeros diez días de ordeño.

Durante el periodo de habituación se debe de meter en el robot obligatoriamente todas las vacas del patio al menos una vez al día. Los primeros días las vacas se muestran muy

reticentes a entrar en él y es complejo conducirlos hacia la sala de espera, por lo que es preferible conducir pocas vacas, dos o tres, para poder controlar y manejarlas mejor. Esta es una tarea de paciencia y constancia, pues los animales tienen que percibir que es su obligación ir y no pueden escaparse.

Una vez que tenemos las vacas en la sala de espera, tienen que entrar en el robot. La primera vez extrañan el lugar y se muestran inquietas y nerviosas, haciendo amagos de entrar sin éxito, pues sólo olfatean y observan el nuevo lugar para analizarlo. Cuando ya han visto el lugar, poco a poco van entrando, hasta que el robot ha detectado que ha entrado y cierra la puerta. Una vez están dentro, el robot comienza a dar la ración de pienso en pequeñas dosis (100 gr) hasta completar los kilos totales programados, mientras que el brazo realiza los movimientos y ruidos que produce durante el ordeño: ruedan los rodillos de limpieza de pezones, las pezoneras se conectan una a una, imita los ruidos de la bomba de vacío... Todo ello sin introducir el brazo debajo del animal. Esta operación dura entre dos y tres minutos por cada animal. Cuando ha terminado, se abre la puerta de salida y el animal sale del robot para volver al patio; las primeras veces tardan en salir, por lo que se les da una pequeña descarga eléctrica en el lomo a los 15 segundos de abrirse la puerta de salida con un cable instalado en el techo del robot. Antes de que el animal salga, es conveniente pintar en la grupa con un spray de color especial para animales alguna forma geométrica para poder diferenciar los animales que han entrado ese día y los que no. Se puede hacer primero una línea a cada lado de la grupa el primer día, el segundo pintar otra línea y hacer una X, el tercero rodearla con un círculo... También es interesante que, antes de que salga la vaca del robot, haya una vaca muy cerca de la puerta de entrada, para que pueda ver a la otra dentro y salir, y así ella asocie que la salida está en esa zona y que no hay riesgo al entrar.

Se ha mencionado al suministro de concentrado dentro del robot, algo que hemos tratado con profundidad en el anejo relacionado con la alimentación. Sin embargo, hay que destacar que, al igual que durante la habituación van cambiando poco a poco otros hábitos, la alimentación también se modifica de forma progresiva, pues la cantidad de concentrado va aumentando y, por tanto, la ración base cambia en cantidad y composición.

Una vez se ha detallado el proceso de habituación, se puede diferenciar claramente el comportamiento de las vacas primíparas (novillas de primera lactación) y las vacas multíparas (de dos o más lactaciones). Las novillas por lo general muestran menos resistencia en el manejo y entran con mayor facilidad tanto a la sala de espera como al robot, por lo que crean más rápido

el hábito de ir al robot. Es normal que a los pocos días empezar la habituación ya veamos en los informes que un porcentaje importante de los animales del patio entran libremente y de forma periódica al robot. Por el contrario, las vacas que se encuentran de la segunda lactación en adelante son más miedosas y tercas, ofrecen muchas complejidades para hacerlas ir al robot durante los primeros días y, aunque poco a poco pierdan el miedo de ir al robot, el porcentaje de vacas que crean el hábito de ir al robot al final de la habituación es muy bajo. Estos dos comportamientos se deben a la edad de los animales, pues los más jóvenes siempre aprenden más rápido y además no se han visto expuestos a una rutina de ordeño de forma tan prolongada como las vacas de producción.

Esta es una de las razones, entre otras, por las que es conveniente que todas las novillas de la explotación estén alojadas en patios diferentes a las vacas, es decir, que no estén mezcladas. Se puede dar el caso de novillas que, tras su primer parto y pasar a producción, son llevadas a un patio con novillas que se ordeñan en robot y no se las obliga a realizar la habituación. Estos animales se meten en el robot el día de su llegada al patio y la primera vez que entran ya se ordeñan allí, sin haber pasado por la sala de ordeño, y crean el hábito de ir al robot de forma muy rápida y eficaz, algo que llama la atención.

5.1.2. Toma de coordenadas

Cuando el periodo de habituación va llegando a su fin y se aproxima el día del primer ordeño se realiza una tarea importante pero tediosa en la cual se cogen las coordenadas de los pezones. El robot está equipado con una cámara en la parte superior que escanea el lomo y la grupa del animal, para saber su posición dentro de él, y además el brazo cuenta con una cámara con un láser, cuya función es escanear los pezones. Para agilizar el futuro ordeño, antes de comenzar a ordeñar el patio con el robot, se toman las coordenadas de los pezones. Durante este proceso, cada animal entra al robot y, en vez de simular el sonido del ordeño, el brazo entra en acción para escanear la ubre y conectar las pezoneras. Esta labor requiere de la presencia de un operario para indicar al ordenador si el animal cuenta con los cuatro pezones y dirigir el brazo hasta colocarlo en la posición correcta para iniciar la operación. Cuando se conectan todas las pezoneras, el ordenador del robot crea unas coordenadas de cada pezón referenciadas a la imagen que obtiene con la cámara superior y así, el día del arranque, ya tiene algún dato para ir directamente hacia ellos. Esta operación tiene unos resultados un tanto imprecisos, pues no siempre agiliza el ordeño y muchas veces no es fiable porque el animal puede moverse y el robot no consigue corregir los errores. A medida que avanzan los días de ordeño, el robot

obtiene más datos sobre la posición de los pezones y las coordenadas se perfeccionan, es decir, se vuelven cada vez más precisas.

Para realizar esta tarea es necesaria la presencia de dos operarios, uno para controlar los mandos del robot y otro para inmovilizar y tranquilizar al animal. Al ser la primera vez que el brazo actúa sobre el animal, este se pone muy nervioso y comienza a dar coces y a moverse hacia delante y hacia atrás, dándose casos de animales que se suben a la puerta del comedero. En estos casos el brazo se ensucia, debido a las pisadas y patadas del animal, y la cámara actúa de forma imprecisa, como si no estuviera bien configurada, por lo que hay que oscilar hacia fuera el brazo del robot, limpiar las pezoneras y la cámara y volver a intentar la operación. Sin embargo, otros animales más tranquilos dejan actuar al robot con normalidad y otros quedan inmovilizados por el miedo que sienten al ser la primera vez. Junto con el primer día de la habituación, este suele ser el día más complejo en el inicio de un ordeño con robot.

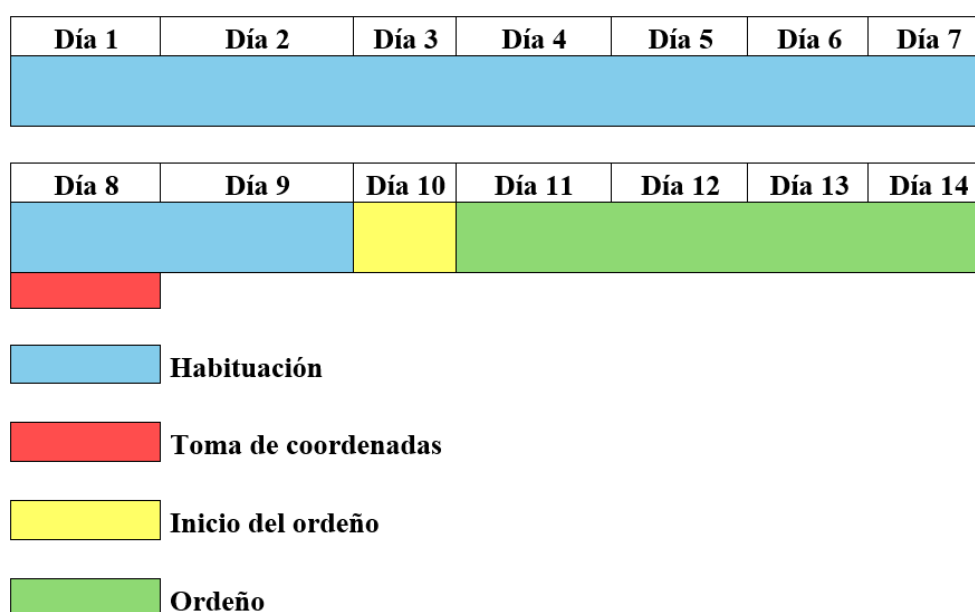


Figura 5.1.1 Cronograma del proceso de transición al ordeño robotizado.

La habituación es un proceso que, bajo mi punto de vista, puede ser cuestionado en algunos casos. En las novillas este proceso, por lo general, suele ser breve y fácil, pues aprenden rápidamente que en el robot se liberan de la presión de la ubre y además reciben una dosis de concentrado. Por esta razón, quizá no es descabellado comenzar directamente a ordeñar a estos animales, sin previa habituación, pues aquellas que no entren durante los primeros días del ordeño tampoco lo hacen durante los primeros días de la habituación. Por lo tanto, si se requiere el trabajo de un operario para meter aquellas que no entran durante la habituación, se podría

ganar tiempo haciendo esta misma tarea, pero ordeñando a las novillas en el robot. Sin embargo, en vacas múltiparas es mejor realizar la habituación para no añadir complejidades al primer ordeño, que siempre suele ser algo difícil.

5.1.3. Inicio del ordeño robotizado

Después de los días de habituación en los que se ha pretendido enseñar a las vacas la dinámica de los futuros ordeños y de tomar por primera vez las coordenadas de la ubre y pezones de cada animal, llega el día del primer ordeño verdadero del robot. La noche antes del arranque, o en el último ordeño en la sala, es interesante procurar ordeñar las vacas de este lote lo más tarde posible, para que las últimas vacas que se ordeñan estén el menos tiempo posible sin ordeñar. De esta forma se procura reducir el intervalo de ordeños para favorecer el bienestar animal.

Lo primero que hay que tener en cuenta para el día del primer ordeño robotizado son las necesidades de la mano de obra para llevarlo a cabo. Como norma general, serán necesarias dos personas por cada robot para realizar la tarea, pues son varias las tareas que hay que realizar y muchos los contratiempos que pueden surgir. Habrá momentos de tranquilidad en los que con una persona sobraría para sacar el trabajo adelante; sin embargo, no es aconsejable que haya una sola persona en el patio de arranque. Como las necesidades de personal son relativamente altas y hay que tener en cuenta que se realizan dos turnos durante ese día, uno por la mañana y otro por la tarde, no es aconsejable arrancar más de tres robots a la vez durante el mismo día, pues puede sobrepasarnos la situación. Además, los primeros días después del arranque suelen ser también intensos, especialmente el primero, por el abultado número de vacas que están en retraso.

El día del arranque tiene lugar el primer ordeño en el robot, es decir, las vacas ya no van a ser ordeñadas en la sala de ordeño, por lo que todas deben pasar por el robot. Para organizar mejor el trabajo y asegurarnos de que todas las vacas se han ordeñado, el grupo de animales se divide en dos lotes del mismo tamaño y el patio en tres espacios bien diferenciados. La cantidad de vacas para que el arranque sea óptimo es de alrededor de 50 vacas por robot, por lo que se harán dos lotes de unas 25 vacas. Con la ayuda de un elemento separador (valla de obra, cuerdas, etc.) se crean tres zonas en el patio, como se puede ver en la figura 5.1.2, en las que se encuentra el lote que se esté ordeñando en la zona de la sala de espera y el robot, el otro lote que está en espera en la zona central y, en el otro extremo del patio, van llegando las vacas ordeñadas del primer lote. De esta forma se pretende crear un circuito por el que van pasando los animales sin

que se mezclen los ordeñados con los que todavía no lo han hecho, ni los de un lote con los del otro.

Después de haber creado los dos lotes, los tres espacios y el pasillo de salida, ya se puede comenzar a ordeñar. Para ello iremos metiendo vacas en la sala de espera, un número proporcional al tamaño de la sala, pues si metemos demasiadas será complejo y peligroso manejarlas allí para ayudarlas a entrar al robot. Cuando la vaca ha entrado al robot, se despliega el brazo de ordeño para comenzar con el lavado de pezones y colocación de pezoneras. Como es la segunda vez que el brazo actúa, las vacas todavía no están acostumbradas a ello, por lo que es normal que se muevan dentro del robot, den coces y patadas e intenten apartar el brazo. Por ello es necesaria la presencia de dos trabajadores, uno para sujetar o tranquilizar al animal y otro para reconducir y reconectar el brazo del robot, al igual que ocurre el día de la toma de coordenadas.

Es normal que durante los ordeños del primer día las vacas retengan leche en la ubre y la producción no sea la esperada, pues ante estímulos negativos durante el ordeño las vacas retienen la leche. Esto se debe a que este estímulo negativo se transmite al cerebro y pasa a la hipófisis, donde se anula la secreción de oxitocina y se estimula la secreción de ACTH (adrenocorticotropa). Esta hormona, entre otras cosas, provoca que se contraiga la musculatura de las paredes de los canales galactóforos y bloquee la leche en los alvéolos, por lo que no sale. Hay que tener en cuenta que, para que el ordeño sea adecuado, es fundamental la implicación de la oxitocina y, cuando se libera adrenalina antes del ordeño, se inutiliza la oxitocina durante 10-15 minutos. Cuando una vaca no produce leche por alguna de estas razones se dice que no ha “apoyado” bien.

Como hemos visto en el apartado de construcciones e instalaciones, los patios cuentan con una puerta en la zona del robot que, al cerrarla, nos permite hacer una especie de embudo para que las vacas entren directamente a la sala de espera. En este caso se le dará otro uso, pues servirá para agrupar las vacas ordeñadas hasta tener las suficientes para poder llevarlas al otro extremo del patio, para así evitar movernos cada vez que una vaca termina de ordeñarse. Lo normal es que cuando ya hay cinco o seis vacas en este corralillo las llevemos a la zona de descanso, pues el ordeño produce sed a los animales y no es bueno que estén mucho tiempo sin acceso al agua. Para hacer este recorrido de vuelta se podrá utilizar el espacio entre naves, acondicionándolo para que ningún animal se escape, o el pasillo de alimentación, aunque no es lo más recomendable, pues pueden pisar y ensuciar la comida de las cornadizas.

Esta operación se repite con todos los animales de ambos lotes hasta completar una vuelta entera. Como la duración de esta operación es larga, muchas veces pasa las siete horas. Cuando el turno de mañana termina, inmediatamente después comienza el turno de tarde.

Con el paso del tiempo, las vacas entrarán al robot con mayor frecuencia y el ordeño se optimizará, aumentando la toma de datos para ayudar a mejorar la alimentación, detectar antes problemas sanitarios, saber la calidad de la leche de forma precisa, etc. Se pretende caminar hacia un escenario ideal en el que cada vaca se ordeñe tres veces al día —cada ocho horas, como lo hacía en la sala— y que haya unas cinco vacas en retraso como máximo en un patio con 50-60 vacas en producción. De esta forma, una persona en el turno de mañana y otra en el de tarde pueden controlar de forma adecuada diez robots de ordeño. Otros objetivos que se marcan son relacionados con los problemas en el ordeño, pues debemos lograr que no se produzcan más de cinco fallos por robot y no superar una media de un rechazo por vaca al día. Todos estos objetivos planteados se deberían alcanzar 60 días después de comenzar el ordeño; sin embargo, es normal que esto se dilate un poco y se terminen alcanzando un tiempo después.

5.1.4. Paso del posparto al robot de ordeño

Durante la transición de un ordeño en la sala a un ordeño robotizado, el resto de dinámicas de trabajo de la explotación no paran, como es el caso de los partos. Las vacas que están próximas al parto se alojan en un corral aparte donde pasan dos o tres semanas antes de parir. Tras el parto, se retira el ternero y pasa a la zona de posparto, donde pasa tres o cuatro días, durante los cuales se revisa que haya expulsado correctamente la placenta, se hacen test CMT para detectar algún posible caso de mamitis, etc. Cuando todo está correcto, la vaca pasa directamente a la zona de producción, entrando en el lote más conveniente según edad y producción. Como se ha mencionado anteriormente, los animales que llegan al patio tras el arranque del robot no pasan el periodo de habituación; es decir, el primer día se ordeñan directamente.

Como premisa inicial, hay que tener en cuenta que cuando una vaca comienza la lactación, lo ideal es que sufra el menor número de cambios posibles, pues estos afectan en sobremanera a los animales. Por tanto, se debe planificar de forma clara y segura el destino de los animales una vez salen del posparto, pues es muy probable que al cambiar de sitio al animal antes de que llegue al pico de producción perjudiquemos directamente la curva de lactación. Para que los lotes sean homogéneos, un parámetro importante para organizarlos es la producción, para así facilitar la formulación de las raciones y optimizar la alimentación.

Cuando los animales llegan de la zona de posparto al patio de producción, se deben meter en el robot para ser ordeñadas. Podemos ayudarnos de una vaca que lleve tiempo en el patio y ya sepa el proceso; de esta forma ayudaremos al animal a sentirse más seguro y tranquilo y que imite sus movimientos. Cuando la vaca ha entrado en el robot, el proceso es idéntico al de la toma de coordenadas, pues antes de comenzar el ordeño debemos indicar al robot que estamos presentes y si el animal tiene los cuatro cuarterones en producción. Lo normal es que el animal se muestre nervioso, se mueva y pegue coces, por lo que debemos estar presentes para tranquilizarle o inmovilizarle. Cuando acabe el ordeño, el animal vuelve al patio y comienza a habituarse a él, mostrándose los primeros días esquivo y solitario, hasta que poco a poco se integre. En este caso no es necesario marcar con pintura al animal, pues aparecerá en los informes de vacas en retraso y entrará al robot con las demás vacas que no se hayan ordeñado en las últimas 12-14 horas.

Hay que volver a destacar la rapidez con la que se acostumbran a este ordeño las vacas primíparas, es decir, novillas, sin haber pasado el periodo de habituación, pues a los pocos días de haber llegado al patio ya se ordeñan libremente de forma periódica. Esto puede deberse a que no han conocido el ordeño en la sala y, por tanto, no han creado el hábito de desplazarse dos o tres veces al día hasta allí para ser ordeñadas.

Esta situación será novedosa durante poco más de un año para las vacas multíparas, pues en ese periodo todas habrán parido al menos una vez y ya lo habrán vivido. Por el contrario, será constante para las primíparas, algo que no debe preocuparnos por la rapidez con que se adaptan a este método.

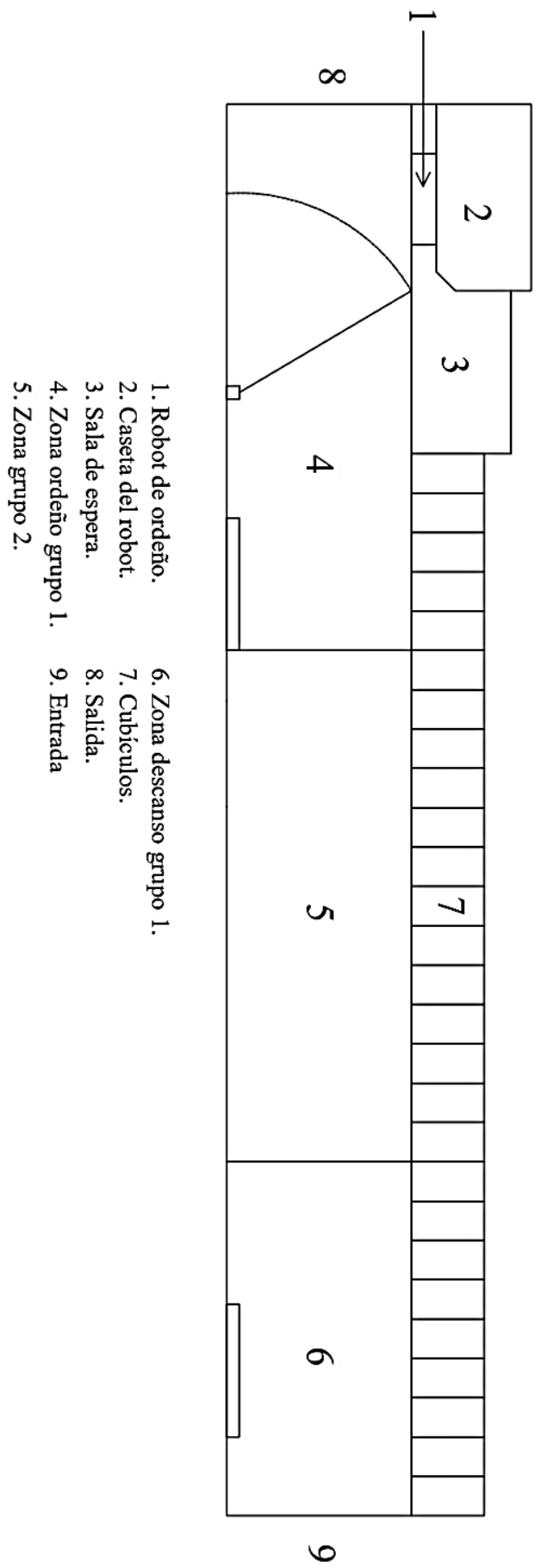


Figura 5.1.2. Esquema de la distribución de la habitación en un patio de producción.

5.2. MEJORA DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE.

MEJORA DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE

Ya hemos visto que el principal propósito del ordeño robotizado es minimizar la mano de obra necesaria dentro de la explotación, con el fin de mejorar su eficiencia. Sin embargo, los robots permiten otras cosas y ayudan a mejorar otros parámetros, como por ejemplo aumentar la producción. Numerosas explotaciones ven que su producción aumenta en un porcentaje relativamente interesante cuando pasan de un ordeño convencional en sala a un ordeño robotizado. Si unimos este incremento del volumen de leche producida al ahorro en costes de personal, podemos llegar a la conclusión fácilmente de que la rentabilidad y la eficiencia de la explotación mejorará de forma considerable.

5.2.1. Aumento de la producción

Gracias a la instalación de robots de ordeño, se puede aumentar la producción de la explotación debido, principalmente, al aumento de la frecuencia de ordeño. En la mayor parte de las explotaciones productoras de leche, las vacas se ordeñan dos veces al día: una por la mañana y otra por la tarde. Al pasar a un ordeño robotizado, se pretende que los animales visiten el robot para su ordeño tres veces al día; a pesar de que no se consigue en todos los casos, sí que se aumenta la frecuencia de ordeño. Con este aumento de la frecuencia se desencadenan una serie de cambios fisiológicos en el animal que tiene como consecuencia una mayor producción lechera.

Uno de los principales cambios que se producen es la reducción de la presión de la ubre. Cuando se realizan dos ordeños diarios, la ubre de las vacas termina acumulando un cantidad excesiva de leche que ejerce una presión considerable durante un tiempo prolongado y esta presión limita la capacidad productiva del animal. La acumulación de leche inhibe la síntesis de precursores de la leche por dos motivos: la activación de mecanismos químicos de retroalimentación y por factores fisiológicos, debido a la obstrucción de los alveolos (P. Martínez, 2020). Al ocupar la luz alveolar, la leche ejerce presión sobre los capilares sanguíneos que transportan los nutrientes, reduciendo su flujo y, por tanto, la síntesis de leche.

También debemos considerar la presencia de la proteína FIL en la glándula mamaria. La proteína FIL (Factor Inhibidor de la Lactación) es una hormona producida por los lactocitos del parénquima presente en la leche cuya función es la síntesis de esta (Valencia et al., 2023). Cuando la concentración de este polipéptido aumenta en la glándula mamaria, se produce una señal bioquímica que limita la producción de leche. También puede acumularse dentro del

alveolo, “exponiendo los receptores potenciales para el factor inhibidor de la lactancia, permitiendo su acoplamiento y activando la inhibición” (Valencia et al., 2023). Otra de las causas por las que desciende la producción de leche si la acumulación dentro de la ubre es excesiva es la muerte de células secretoras. Cuando la extracción de leche es frecuente, además de disminuir la presión intramamaria y mejorar la producción láctea, se consigue reducir la pérdida de células secretoras mamarias (P. Martínez, 2020).

Otro factor que influye en la secreción de leche es la estimulación hormonal. En la tabla 5.2.1 podemos ver qué hormonas actúan durante el proceso de síntesis de leche y cuáles su función. Ya hemos visto cómo actúa la FIL, sin embargo otras hormonas como la oxitocina o la insulina inciden de manera directa en la producción láctea. La oxitocina es una hormona producida por la hipófisis, que estimula la contracción uterina y la secreción de leche en la glándula mamaria. Esta hormona se segrega cuando existen estímulos positivos, de forma natural al amamantar al ternero y, de forma menos natural, al entrar y reconocer la sala de ordeño y sus ruidos (M. Martín, 2013). Provoca que “las células musculares existentes en la ubre se contraigan, “exprimiendo” los alveolos y haciendo que la leche descienda hacia el pezón, [...] lo que se conoce como la bajada de la leche” (M. Martín, 2013). Por tanto, si se aumenta la frecuencia de ordeño, se liberará oxitocina con mayor frecuencia, la ubre se vaciará más frecuentemente y se conseguirá aumentar en cierta medida la producción de leche.

Hormona	Función
GH (hormona crecimiento, EEU vs UE)	Aporta nutrientes para la síntesis de leche. Mantiene la lactación en rumiantes.
ACTH-glucocorticoides	Estimula la producción láctea.
TSH y PTH	Estimula la producción láctea.
Insulina	Inhibe la producción láctea.
Prolactina	Mantiene la lactación.
Estrógenos	Inhibe la secreción de leche.
Oxitocina	Estimula la secreción de leche.

Tabla 5.2.1. Hormonas necesarias para la síntesis de leche. (P. Martínez, 2020).

La oxitocina también se utiliza de forma artificial para ayudar a algunas vacas a expulsar la leche. Esta hormona suele inyectarse de forma artificial a aquellas vacas que presentan un estado de estrés alto o intranquilidad y que no consiguen liberar la leche. Su uso no está

permitido en todas las condiciones, sino que solo puede utilizarse bajo supervisión veterinaria en casos excepcionales, es decir, no está permitido su uso sistemático como un aumento productivo.

Otra hormona cuyo uso en la producción animal ha generado una gran polémica e incluso enfrentamientos entre países es la GH, la hormona del crecimiento. Esta hormona está producida por la glándula pituitaria de las vacas que, cuando se inyecta, estimula la producción de leche y aumenta la eficiencia del metabolismo de nutrientes hacia la glándula mamaria. Su uso puede aumentar un 10-15% la producción de leche y mejorar la eficiencia alimentaria, lo que ayuda a reducir el coste por litro de leche. Sin embargo, aumenta el riesgo de cojeras, mamitis y problemas reproductivos. En 1993, la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) aprobó su uso en Estados Unidos, extendiéndose rápidamente a lo largo de todo el país. Sin embargo, la Unión Europea prohibió su aplicación en 1999 por razones relativas al bienestar animal y, posteriormente, prohibió la importación de leche procedente de explotaciones que seguían esta práctica. Esto impactó directamente en las ventas de leche de Estados Unidos, que acusó a Europa de establecer una barrera comercial no arancelaria contra ellos sin ninguna justificación científica según la OMC (Organización Mundial del Comercio). Con el paso del tiempo Europa, ha mantenido su política de restricción del uso de este fármaco veterinario y en Estados Unidos ha disminuido de forma constatable su uso por los criterios y exigencias de los consumidores.

Volviendo al inicio, podemos decir que la reducción del estrés y la mejora del bienestar del ganado que se consigue con el ordeño robotizado también ayuda a mejorar la productividad de los animales. Ya hemos visto cómo mejora el bienestar la instalación de robots de ordeño (tráfico libre, menos movimientos obligados, etc.) y esto ayuda a que las vacas estén más tranquilas, puedan descansar más y mejor y, por consiguiente, tengan capacidad de producir más leche.

5.2.2. Mejora de la calidad

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la calidad de la leche cruda “viene definida por el recuento en células somáticas (no aplicable en el caso de la leche de oveja y de cabra), en colonias de gérmenes a 30°C y la presencia de residuos de antibióticos.” Esta definición se basa en el control de tres parámetros fundamentales, algo que se puede realizar de

forma muy precisa y más fácil en un ordeño robotizado que en una sala de ordeño convencional. Para determinar la calidad de la leche desde un punto de vista menos sanitario, es preciso analizar otros indicadores como son el porcentaje de grasa, el porcentaje de proteína y el extracto seco magro.

Las células somáticas son células animales que, en una situación normal, se encuentran en niveles bajos en la leche. Sin embargo, cuando el nivel de estas células aumenta hasta valores altos nos indica que la calidad de la leche ha disminuido debido a una infección bacteriana intramamaria (Butendieck, 1997). Para el control de este parámetro en leche cruda de vaca la normativa exige tomar “al menos una muestra válida al mes” (Real Decreto 989/2022) y el valor máximo que puede alcanzar el dato obtenido del análisis es de 400.000 células somáticas por mililitro de leche.

Algunos robots de ordeño, por ejemplo el Lely Astronaut A5, cuentan con un dispositivo que analiza una muestra de leche tomada de cada ordeño del animal para medir su conductividad y poder saber el nivel de células somáticas de la muestra. El sistema que contiene el robot de Lely se llama MQC-C (Milk Quality Control - Cell Count), es un módulo opcional del robot y su principio de funcionamiento se basa en un test CMT (California Mastitis Test) que se realiza de forma automática. Para realizarlo, se toma una pequeña muestra de leche de cada ordeño para hacerla reaccionar con una cantidad fija de reactivo y así poder medir la viscosidad de la mezcla. La viscosidad medida se transforma en un valor, expresado en células/ml, basado en una curva de calibración (Lely, 2023). Este sistema es capaz de medir este valor por cada cuarterón de la ubre en cada ordeño, permitiendo así detectar de forma rápida qué parte de la ubre está enferma. Además del MQC-C, capaz de realizar esta prueba, como vimos en el apartado 4.1, el Astronaut A5 contiene el sensor MQC, capaz de medir la conductividad de la leche, pues cuando tenemos un caso de mastitis, aumenta la concentración en sales de la leche procedente de los cuarterones inflamados, por lo que cambia su conductividad (contacto personal con trabajadores de Lely). El sistema MQC también es capaz de controlar otros parámetros como, por ejemplo, leche acuosa o con sangre, porcentaje de grasa, proteína y lactosa, temperatura, tiempo de ordeño, etc. (H. Garcinuño, 2024). Por tanto, esta herramienta supone un avance importante en la detección precoz de mastitis y permite dos cosas fundamentales: separar la leche no apta para evitar contaminaciones y aplicar tratamientos de forma más rápida y eficiente.

Cuando se produce la situación en la que una vaca con mamitis se ordeña, la leche realiza el mismo recorrido que la leche sana, contaminando el sistema de conducciones y el resto de la leche del tanque. En este aspecto, los robots mejoran la higiene y limpieza de los conductos por donde pasa la leche y de la unidad de ordeño, pues tras el ordeño de una vaca “contaminada” – por el motivo que sea: mamitis, antibióticos, calostro ...– la unidad de ordeño activa la fase de limpieza. Durante esta fase se enjuagan y limpian con los distintos detergentes los elementos del robot: pezoneras, tuberías, tinaja, etc., y, después del aclarado, se produce la fase de secado para que el próximo ordeño se realice en condiciones óptimas. Tan importante es la limpieza de los elementos internos como la de los elementos externos. Las pezoneras y cepillos pueden suponer una fuente de propagación de enfermedades de la ubre muy importante, pues, si no se limpian de forma adecuada, los casos de mamitis se verán aumentados de forma preocupante. Además de la limpieza automática de las camisas de las pezoneras y los rodillos, los operarios deben tener en cuenta la limpieza de la parte exterior, pues al cocear el brazo del robot, las vacas lo ensucian y, si no acierta a colocar las pezoneras, se pueden manchar y contaminar los pezones con distintos microorganismos patógenos.

Otro de los aspectos que se analizan es la presencia de residuos antibióticos. Tras años de abusos en los que los ganaderos utilizaban antibióticos prácticamente ad libitum, dándolos incluso a animales sanos, las autoridades europeas han puesto el foco de atención en el control de su uso. El principal motivo de este control es evitar que los medicamentos utilizados en las explotaciones ganaderas pasen a la cadena alimentaria a través de los productos obtenidos como, por ejemplo, la leche. Para su control, el reglamento establece la recogida de un mínimo de “dos muestras válidas y representativas, al mes, distribuidas con un intervalo similar entre ellas”, pudiendo “aumentar el número de muestras válidas al mes a criterio de la autoridad competente” (Real Decreto 989/2022). En función del tipo de antibiótico, los valores obtenidos tras el análisis de las muestras no podrán superar un cierto umbral, siendo penalizada la empresa productora. En la tabla 5.2.2 podemos ver los valores máximos para cada tipo de antibiótico. Por tanto, es importante evitar que la leche procedente de vacas en tratamiento veterinario llegue al tanque de la lechería y entre en contacto con el resto de leche. La aplicación de gestión de la granja permite introducir distintos datos relativos a los animales que están enfermos, su diagnóstico, el tratamiento que se les aplica y durante cuánto tiempo se va a aplicar. Incluso en los casos de mamitis podemos diferenciar los cuarterones afectados para evitar que sean ordeñados.

Antibiótico	Concentración máxima permitida
Amoxicilina/Bencilpenicilina	4 µg/kg
Cefalexina	100 µg/kg
Cefalonio	20 µg/kg
Cefoperazona	50 µg/kg
Cefquinoma	200 µg/kg

Tabla 5.2.2. Concentración máxima permitida en leche según el tipo de antibiótico analizado (F.A.O., 2025).

Para minimizar la contaminación de las instalaciones con antibióticos o células somáticas procedentes de la leche, como hemos mencionado antes, existe la opción de desviar esta leche por otro sistema para su posterior eliminación. Desde la empresa Lely han creado un sencillo compartimento llamado Lely M4use que cuenta con cuatro cubos a los que llegan cuatro tuberías que recogen y conducen calostros, leche procedente de vacas con mamitis o de vacas con un tratamiento veterinario de hasta cuatro animales diferentes. A través de la aplicación de gestión podemos indicar qué vaca está enferma y durante cuánto tiempo va a tener un tratamiento veterinario para que, al entrar al robot, éste la identifique y elimine la leche de ese ordeño. Además, en la pantalla del robot aparecerá de qué vaca viene la leche, en qué cubo está y el motivo de la retirada. Sin embargo, a pesar de que el robot es capaz de detectar qué cuarterón está afectado, no existe la posibilidad de separar exclusivamente procedente de estos cuarterones; es decir, se elimina toda la leche recogida en el ordeño, pues la contaminada y la apta se mezclan en la tinaja del robot. También se puede establecer un mínimo de días para empezar a recoger la leche, es decir, para que durante los primeros días de lactación se considere la leche ordeñada como calostros y así eliminarlos. Después de cada ordeño de estas características, el robot realiza una limpieza local, para eliminar cualquier resto que haya podido dejar en él y evitar contaminaciones.

Para poder completar un buen trabajo y conseguir mejorar la calidad de la leche, es necesario realizar un buen mantenimiento y procurar que el funcionamiento de la maquinaria y sus dispositivos sea óptimo. Los sistemas de limpieza deben actuar cada vez que sea necesario y realizar un trabajo correcto, logrando limpiar de forma satisfactoria tanto el sistema de conducciones y tuberías como las pezoneras, rodillos y demás elementos exteriores que están en contacto con el animal. También se debe comprobar que los dispositivos encargados de

analizar la conductividad de la leche estén bien calibrados, para que los datos obtenidos sean fiables y no den lugar a conclusiones confusas e irrealistas.

5.2.3. Calidad fisicoquímica

Además de estos parámetros que hemos estudiado y que están estrechamente relacionados con la calidad higiénica y sanitaria de la leche, existen otros aspectos que se valoran y determinan la calidad y el precio de la leche. Estas características están vinculadas a la composición fisicoquímica de la leche, especialmente a dos aspectos: el porcentaje de grasa y el porcentaje de proteína. En algunos casos también se analiza el valor del extracto seco magro, que no es más que lo que se obtiene después de eliminar el agua y grasa de la leche.

El valor de la leche aumenta cuando mayor es la cantidad de grasa y proteína que contiene, pues gracias a estos componentes se obtienen productos de mayor valor añadido, como por ejemplo el queso o la mantequilla. Por tanto, el objetivo de los ganaderos de vacuno de leche es obtener el mayor volumen de leche con la mayor cantidad de grasa y proteína posible. Sin embargo, esto es muy difícil de conseguir, pues cantidad y calidad avanzan en direcciones opuestas y en la mayoría de los casos el equilibrio se rompe en favor de la cantidad. Esto se puede comprobar en la tabla 5.2.3, donde aparecen los valores productivos de distintas comunidades autónomas y vemos que Castilla y León es la que más cantidad de leche produce y la que tiene el valor de grasa más bajo y el segundo valor de proteína más bajo.

CC. AA.	Producción (*1.000 t)	Grasa (g/100 g)	Proteína (g/100 g)
Galicia	2.972	3,87	3,34
Castilla y León	923	3,66	3,32
Cataluña	735	3,75	3,34
Andalucía	553	3,69	3,37
Asturias	534	3,81	3,31
Cantabria	408	3,77	3,29
España	7.324	3,78	3,33

Fuente: MAPA, 2022

Tabla 5.2.3. . Producción de leche y contenidos graso y proteico en las principales comunidades autónomas. (R. Lorenzana et al, 2023).

A pesar de que el paso de un ordeño en sala a uno robotizado no afecta de forma importante a la composición de la leche, pues esto se consigue modificar principalmente a través de la alimentación y la genética, sí que podemos conseguir algún cambio. El ordeño

automatizado incrementa los niveles de ácidos grasos libres debido a que el ratio aire/leche es mayor que en los sistemas convencionales de ordeño en sala (lipólisis inducida) (Y. Trillo, 2019). Sin embargo, la lipólisis espontánea tiene lugar en cualquier sistema y puede variar con el intervalo de ordeños, el estado de lactación, el nivel de producción, la gestación, la alimentación y el estado sanitario (Y. Trillo, 2019).

Aunque los cambios que se producen en la composición de la leche son mínimos, es importante haber hecho una pequeña reseña sobre ella. La calidad composicional de la leche no deja de ser uno de los factores sobre los que se basa la fijación del precio de la leche y, por tanto, uno de los factores de los que depende la mejor o peor rentabilidad de la explotación.

5.3. ESTUDIO ECONÓMICO

ESTUDIO ECONÓMICO

El principal inconveniente de la instalación de robots de ordeño es su elevado coste. Al tratarse de una máquina de grandes dimensiones, cuya tecnología es compleja y que contiene elementos de un alto grado de tecnificación, su coste se dispara a cifras bastante abultadas. Por eso, la inversión inicial que se requiere hacer para llevar a cabo la transformación hace que muchos ganaderos prefieran seguir con su sistema de ordeño actual, más antiguo pero también más económico. Muchas pequeñas explotaciones, localizadas principalmente en el norte de España, cuya rentabilidad pende de un hilo, no pueden desembolsar tales cantidades de dinero para modernizar la ganadería, y menos cuando el relevo generacional no es nada halagüeño.

Por eso es tan importante realizar un estudio económico de esta operación, una radiografía que nos indique cuales son los puntos fuertes y los débiles de un sector en expansión pero que sigue encontrando obstáculos para llegar a todas las explotaciones del país. A continuación hablaremos sobre los precios de los distintos robots que hay en el mercado y sus costes de instalación; sobre los costes de mano de obra que se generan y conseguimos eliminar al optar por esta alternativa; cuáles son los periodos de amortización de las máquinas para poder analizar en qué casos es una opción viable; cuáles son los umbrales de viabilidad según el número de vacas o la productividad de la explotación. Todo esto es interesante de analizar para ofrecer una visión realista y poder tomar mejores decisiones que ayuden a aumentar la eficiencia del sector productor de leche de vaca.

5.3.1. Precios

Los precios de los robots varían en función de la marca, la actualidad del modelo y los servicios que incluya el mismo. A continuación, analizaremos brevemente algunos de los modelos más recientes de las principales marcas productoras de robots, ofreciendo una gráfica resumen en la figura 5.3.1.

Lely: Astronaut A5

Lely es la marca líder del mercado y su modelo Astronaut A5, la principal referencia para este trabajo. La marca holandesa es la más extendida por España y su último modelo es el Astronaut A5. Como ya dedicamos uno de los apartados a analizar con detalle su estructura y componentes, pasaremos directamente a hablar sobre los aspectos económicos.

El precio de uno de estos robots oscila entre los 120.000 € y 150.000 € cada unidad, aunque si se van a instalar varios a la vez el precio puede bajar algo. El Astronaut A5 es el robot más caro del mercado debido a todos los componentes y tecnología que utiliza el robot, lo que hace que se sitúe un peldaño por encima de los demás robots del mercado. En casos concretos pueden comercializar equipos reacondicionados de segunda mano, lo que supondría una sensible bajada de su precio.

DeLaval: VMS V300 y V310

DeLaval es una de las marcas más veteranas en tecnología de ordeño. Su sistema VMS (Voluntary Milking System) es robusto, eficiente y altamente configurable. Después de Lely, esta es la marca de tecnología de ordeño automatizado más extendida por España. En este caso, los robots son sensiblemente más baratos que los de la anterior marca, situándose su precio entre 110.000 € y 140.000 €.

GEA: DairyRobot R9500

GEA es una de las empresas de tecnología ganadera más extendida en todo el mundo, especialmente dentro del sector lechero. Esta marca es conocida por ofrecer sistemas modulares y escalables. Su robot R9500 incorpora tecnologías de visión artificial y es capaz de integrarse con otros productos de la marca. Sus robots tienen un precio prácticamente idéntico a los de la casa DeLaval, pues se encuentra en una horquilla entre los 110.000 € y 135.000 €.

BouMatic: Gemini

Una solución más reciente en el mercado, que apuesta por la flexibilidad y el control de los datos. Se puede instalar en versión "lado simple" o "doble lado". El precio de uno de estos robots oscila entre los 100.000 € y 130.000 €.

Fullwood: M²erlin

Esta marca es menos conocida en algunos mercados, pero con buena aceptación en explotaciones medianas. Su modelo de robot de ordeño ofrece una buena relación calidad-precio y facilidad de uso, convirtiéndose en uno de los robots más económicos dentro del mercado, pues el precio de la unidad se encuentra entre los 95.000 € y 120.000 €, una opción que puede ser interesante para explotaciones de menor envergadura.

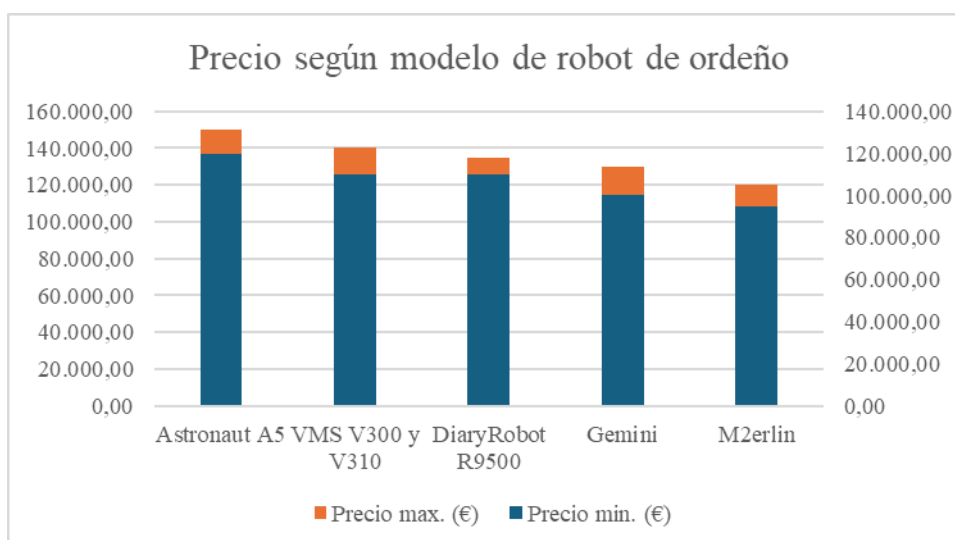


Figura 5.3.1 Gráfica de la horquilla de precios de los distintos modelos de robot de ordeño.

Podemos concluir que las mayores diferencias se dan entre las técnicas de colocación de las pezoneras y, por tanto, de los tiempos de inserción, ya que la horquilla de precios es muy estrecha. El ganadero que se plantee automatizar su ordeño debe tener en cuenta otros aspectos como las diferencias en condiciones de financiación, la disponibilidad de equipos renovados y los compromisos de tiempo de respuesta de los servicios técnicos ante las averías.

5.3.2. Costes

A nivel económico, la instalación de robots de ordeño no sólo supone un desembolso para la adquisición de los propios robots, si no que conlleva una serie de gastos importantes que también debemos tener en cuenta y analizar. La construcción de la caseta del robot, instalación de sistema de conducción de leche, cableado para el funcionamiento eléctrico del robot o la instalación de vallado y puertas son algunos de los gastos que conlleva el paso de un ordeño convencional en sala a uno completamente automatizado. En los siguientes párrafos desglosaremos un poco más todos ellos y veremos su importancia en relación con los demás gastos, obteniendo una imagen general de la inversión total que supone este cambio.

Costes de construcción e instalaciones

En otros apartados hemos visto que la implementación de los robots de ordeño conlleva una serie de cambios estructurales en toda la explotación. La construcción de una caseta para el robot, de una sala de espera para las vacas, la instalación de nuevas puertas y cornadizas o la creación de una red de tuberías para la leche componen todo este importante apartado.

Estos costes varían en función de diversos parámetros, como las dimensiones de la obra, los materiales empleados, la empresa a la que se adjudica la realización de la obra, etc. Por ello, podremos encontrar desde obras sencillas en las que el presupuesto no alcance cifras muy altas hasta construcciones de gran envergadura que tengan un presupuesto superior al millón de euros.

Costes de personal

A lo largo del trabajo hemos mencionado que una de las principales razones por las que muchas ganaderías se decantan por la instalación de robots de ordeño es la falta de trabajadores para llevar a cabo un ordeño convencional. Con el ordeño automatizado se puede eliminar casi al completo los puestos de trabajo estrictamente vinculados al ordeño de las vacas. Esto supone una reducción importante de los costes de producción, por lo que vamos a analizar los costes que podría tener una explotación de determinadas características en cuanto a salarios de los trabajadores de la sala de ordeño y los costes que tendrá si pasa a un ordeño robotizados.

En una explotación media, pongamos que tiene 300 vacas en ordeño, se requiere la presencia de dos personas en la sala de ordeño por turno. Si se ordeña dos veces al día se necesitan al menos dos parejas de ordeñadores, es decir cuatro trabajadores. Estas personas trabajarán con un contrato de peón agrícola, por lo que el salario mínimo por convenio según el Convenio del Campo de Córdoba, renegociado a principios de 2025, es de 1.184€ netos mensuales, abonándose 14 pagas a lo largo del año. Para facilitar los cálculos prorratearemos las pagas extras para tener 12 pagas mensuales a lo largo del año, por lo que el salario mensual asciende a 1.381€. Si esta cifra la extrapolamos a los cuatro trabajadores, obtendríamos un gasto mensual de 5.524€ netos cada mes. Según el citado convenio, el coste total para el empresario es de 1.925€ al mes; en nuestro ejemplo, como contamos con cuatro trabajadores, el empresario deberá desembolsar 7.700€ cada mes, o lo que es lo mismo, 92.400€ cada año. A continuación, en la tabla 5.3.2., podemos ver de forma más esquemática las cifras y cálculos que hemos hecho.

Concepto	Coste
Salario neto prorrateado	1.381,00 €
Salario bruto (coste total)	1.925,00 €
Salario bruto de cuatro trabajadores	7.700,00 €

Salario bruto anual de cuatro trabajadores	92.400,00 €
---	-------------

Tabla 5.3.2. Resumen de los gastos salariales de los cuatro trabajadores de la sala de ordeño.

Para poder ordeñar las 300 vacas que tenemos en producción debemos instalar como mínimo 6 robots de ordeño, pues lo ideal es que instalemos un robot cada 50 vacas. Estos 6 robots tendrán un coste aproximado de unos 700.000€ en total. Teniendo en cuenta los gastos anteriores de los salarios de los ordeñadores, en menos de ocho años ya nos saldría más económico el ordeño robotizado que el de la sala. Esto lo podemos ver en la tabla 5.3.3. que vemos a continuación:

	Concepto	Coste
1	Coste de un robot de ordeño	120.000,00 €
2	Coste de seis robots de ordeño	720.000,00 €
3	Salario bruto anual de cuatro trabajadores	92.400,00 €
4	Salario bruto de cuatro trabajadores en ocho años	739.200,00 €
5	Diferencia entre las casillas 2 y 4	19.200,00 €

Tabla 5.3.3.: Diferencia entre los costes de los robots y el salario de los trabajadores.

Teniendo en cuenta estos cálculos rápidos podemos determinar que a medio y largo plaza, desde un punto de vista económico es mucho más interesante la implementación de robots de ordeño. Además, a estos cálculos hay que añadir el aumento de la producción de leche que se conseguiría con el robot.

Aumento de la producción e ingresos

Este apartado no se ciñe al estándar de costes de la explotación, más bien todo lo contrario, pues representa cómo aumentarán los ingresos de la explotación al pasar de ordeñar dos veces las vacas en la sala de ordeño a que se ordeñen más de tres veces al día de media en los robots. Esto no sucede en todas las explotaciones, sólo ocurre en aquellas que ordeñan dos veces al día, pues en estos casos es en los que aumenta la media de ordeño y, por tanto, la producción diaria.

Supongamos que la media productiva de esta ganadería ficticia es de 35 litros por vaca y día; al tener 300 vacas en producción obtendríamos unos 10.500 litros de leche al día, lo que supone una producción de leche de más de 3.800.000 litros al año. Si con los robots de ordeño podemos aumentar en un 12-15% la producción, al día aumentaría 1.260-1.575 litros al día, es decir, 459.900-574.875 litros al año. Según las declaraciones de entregas de leche cruda, un informe del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación publicado en mayo de 2025, sitúa el precio medio del litro de leche en 0,511 € en Castilla y León. Este mismo informe refleja que el precio medio de la leche en 2024 fue 0,491 €/litro y en 2023 fue 0,547 €/litro (M.A.P.A., 2025). Con estos datos de los precios podemos calcular una media entre 2024 y 2023, que sería de 0,519 €/litro, y calcular el aumento de los ingresos que obtendríamos del aumento de la producción. Si la producción subiese 459.900-574.875 litros al año, obtendríamos todos los años 238.688,10-298.360,13 € al año. En la tabla 5.3.4. podemos ver un resumen de todas estas cifras.

Concepto	Cifra
Producción media por vaca	35 litros/día
Producción media diaria de la explotación	10.500 litros
Producción media anual de la explotación	3.800.000 litros
Aumento de la producción diaria (12-15%)	1.260-1.575 litros
Aumento de la producción anual (12-15%)	459.900-574.875 litros
Precio medio de la leche en 2024	0,491 €/litro
Precio medio de la leche en 2023	0,547 €/litro
Media del precio medio de la leche	0,519 €/litro
Aumento de los ingresos anuales	238.688,10-298.360,13 €

Tabla 5.3.4.: Resumen de las producciones estimadas, los precios de la leche y el aumentos de producción e ingresos.

No todo esa cifra de dinero en que aumentan los ingresos se destinará para la adquisición de los robots de ordeño, si no que servirá para hacer frente a todos los costes de la explotación.

5.3.3. Amortizaciones

Una vez hemos conocido el valor de la maquinaria que se desea adquirir, es importante conocer su vida útil para poder calcular cómo va a ser su amortización. La amortización es la

distribución sistemática del coste de un activo, ya sea tangible o intangible, a lo largo de su vida útil y refleja la pérdida de valor del activo debido a su uso. Para poder calcularla debemos saber el valor del bien al adquirirlo nuevo, o su valor inicial y residual si se compra ya utilizado, el porcentaje de amortización y la vida útil de dicho bien.

Ya hemos visto en el primer apartado el precio de los distintos modelos de los robots de ordeño. Como a lo largo del trabajo nos hemos enfocado en el robot de Lely, el Lely Astronaut A5, tomaremos su valor para el cálculo de la amortización. Aunque el precio oscila entre los 120.000 € y 150.000 €, tomaremos 120.000 € como precio de referencia, pues es el más común (Contacto personal con trabajadores de Lely).

La vida útil de un activo es el tiempo que se espera que esté en buenas condiciones para desarrollar sus funciones de manera efectiva. La vida útil de un robot de ordeño puede variar en función del modelo, pero todos ellos se mueven en un intervalo de 10-20 años. El robot Lely Astronaut A5 tiene una vida útil de 10-15 años, pero puede aumentar si se realiza un adecuado mantenimiento preventivo y correctivo, si tiene una adecuada carga de trabajo o si la calidad del agua es buena (Contacto personal con trabajadores de Lely). Como la amortización se calcula para el conjunto del robot inicial, tomaremos como vida útil 15 años. Con este dato podemos calcular el porcentaje de amortización anual si dividimos el 100% entre el número de años de vida útil. En este caso, al dividir 100% entre 15 años, obtenemos un porcentaje anual de 0.0667, es decir, un 6,667%.

Al tratarse de un robot nuevo, su valor residual es de 0 €. Sin embargo, si se adquiriera un robot de segunda mano o reacondicionado deberíamos tener en cuenta la amortización acumulada desde el momento de su compra como producto nuevo hasta el momento de la compra de segunda mano. Al precio de compra se le resta el valor residual y obtenemos la base amortizable, que es el valor económico del bien sobre el cual se calculará la amortización.

Cuando ya tenemos todos estos datos, podemos calcular la amortización anual con una operación muy sencilla: sólo hay que multiplicar el porcentaje de amortización anual por la base amortizable. En este caso multiplicamos 120.000,00 € por un 6,67% (0,067) y obtenemos una amortización anual de 8.000,00 €, como podemos ver en la tabla 1.4., que resume todos los cálculos que hemos realizado.

Elemento	Precio de compra	Fecha de compra	Valor residual	Base amortizable	Vida útil	% anual	Amortización anual
Robot de ordeño	120.000,00 €	01/01/2025	0	120.000,00 €	15 años	0,067	8.000,00 €

Tabla 5.3.5.: Cálculo de la amortización de un robot de ordeño.

5.3.4. Umbrales de viabilidad

La viabilidad de realizar un proyecto de transformación del sistema de ordeño no es igual para todas las granjas. Las características de cada explotación son distintas entre sí, pues existen numerosos parámetros que pueden influir a la hora de tomar una decisión tan importante como esta. Según Andrés Matejudo, presidente de la Asociación Gallega de Técnicos de Equipos de Ordeño, “antes de decidirse por un sistema u otro, hay que analizar bien una serie de condicionantes: tipo de explotación, disponibilidad de mano de obra, número de vacas a ordeñar, perspectivas de crecimiento, etc”.

Lo primero en lo que deberíamos fijarnos es en la longevidad de la explotación y sobre todo, el futuro que la espera. Ya hemos mencionado anteriormente el problema de la falta de relevo generacional que sufre el campo, que está haciendo que muchas explotaciones den por finalizada su actividad por falta de continuidad. Es importante prever si la explotación tiene un futuro prometedor o si por el contrario su vida no va más allá de los próximos 10 años.

Otro aspecto que de una forma está relacionado con el tiempo es el número de animales de la explotación y si existe alguna expectativa de que aumente o disminuya a medio y largo plazo. La situación ideal es que cada robot ordeñe 50 vacas, por lo que si se tiene menos de 50 animales en producción está claro que no compensará realizar este esfuerzo económico.

6. DISCUSIONES

DISCUSIONES

Una vez hemos descrito con detalle los diferentes modos en los que influye la implantación de un ordeño robotizado se puede empezar a analizar todos estos cambios con respecto al sistema tradicional de ordeño. Como cualquier otro sistema, los robots de ordeño presentan tanto cosas positivas como negativas, siendo, afortunadamente, mucho mayores las ventajas. Y la principal ventaja no es otra que la independencia que tienen los robots de ordeño para desempeñar su trabajo, pues al ser un sistema autónomo apenas requiere la presencia de trabajadores. Se puede afirmar con total seguridad que un trabajador de la granja puede controlar y supervisar, en condiciones normales, el trabajo de diez robots durante su turno. Esto hace que los robots de ordeño hayan conseguido imponerse en el mercado, eclipsando a las salas de ordeño convencionales. Pocas son las nuevas explotaciones que se decantan por las tradicionales salas de ordeño, pues los robots consiguen una cosa que estas no: ordeñar sin la presencia de una persona.

Sus aspectos positivos no se reducen a la autonomía para trabajar, si no que abarcan temas tan importantes en la actualidad como el bienestar animal. Con este sistema de ordeño, las vacas tienen libertad casi absoluta de movimientos, consiguen aliviar con mayor frecuencia la presión de la ubre y aumenta su tiempo de descanso. La tranquilidad es una característica que beneficia enormemente a los animales y su producción. Esta es otra de las ventajas del ordeño robotizado, pues al aumentar el número de ordeños diarios de los animales, su producción se ve sensiblemente incrementada. Esto lo podemos corroborar gracias a los informes que nos ofrece, a los que podemos acceder gracias a la facilidad de manejo de esta máquina.

Hemos visto cómo los informes que genera la aplicación, gracias a todos los datos recogidos en el ordeño, hacen que la ganadería comience a evolucionar hacia una ganadería de precisión. En ese sentido, el panorama que se puede vislumbrar es amplio y prometedor, pues los ganaderos cada vez son más capaces de manejar aspectos de su explotación con una eficacia que antes resultaba difícil de imaginar. El crecimiento y expansión que está mostrando este sistema de ordeño se debe en gran parte a su potencial de gestión como ganadería de precisión, además de solucionar el tan acusado problema de la falta de mano de obra en el sector. En los próximos años muchas serán las ganaderías que se decanten por esta tecnología y comiencen un proceso de transformación determinante.

Todo este proceso de expansión debe ir ligado a un proceso de mejora de las condiciones del robot. Existen numerosos aspectos que se pueden cambiar para optimizar el trabajo con los robots. Dos ejemplos de ello pueden ser la mejora del sistema de proyección de yodo, para que cubra con mayor precisión el pezón y su efecto sea mejor; y la remodelación del sistema de expulsión de deyecciones del robot, diseñando una zona más amplia y cubierta por una lámina resistente de hierro que permita a los trabajadores acceder a su interior y limpiar con más ajuste la acumulación de arena y estiércol. La creación de una opción manual para la colocación de las pezoneras puede ser otra forma de agilizar el trabajo en aquellos casos de fallo reincidente en los que el robot es incapaz de colocar las pezoneras a la ubre. Todos estos aspectos de mejora deben valorarse de cara a nuevos modelos de robots o a actualizaciones de las versiones existentes.

Otro aspecto que impulsaría la expansión de este sistema es el abaratamiento de sus costes de adquisición. Aunque hemos visto que realmente es una opción mucho más rentable de lo que parece, los costes no dejan de ser elevados para varias explotaciones, que se muestran reticentes a decidirse por su implantación. Pero el contexto económico actual no parece que permita una bajada del precio de estas máquinas, pues el alto coste de sus componentes repercute en el desembolso que debe hacer el ganadero para adquirirlas. Todos estos componentes electrónicos y sofisticados aumentan el riesgo de sufrir averías y fallos que entorpezcan el ordeño de los animales. Siguiendo el hilo de la actualidad, otro tema que afecta a los robots son las fuentes energéticas. La dependencia eléctrica de estas máquinas es total, por lo que el ganadero que decida adquirirlas debe asegurar un suministro eléctrico estable para que no se produzca ningún fallo en el ordeño.

7. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Después de realizar el estudio del impacto de la instalación de robots de ordeño en los distintos ámbitos de la explotación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La implantación de robots de ordeño ayuda a mejorar el bienestar de las vacas de producción por tres motivos fundamentales: fomentan la libertad de movimientos, aumentan el tiempo de descanso y reducen la presión de la ubre.
- La alimentación ofrecida en el robot altera más el continente de la ración que el contenido, es decir, que a pesar de fraccionar el alimento en ración de cornadiza y ración de robot, los animales continúan teniendo los mismos aportes nutricionales que en el anterior sistema.
- La implantación de robots de ordeño soluciona uno de los problemas por los que se diseñaron: la falta de mano de obra. Una explotación de media o grandes dimensiones puede reducir en más de un 80% la mano de obra estrictamente vinculada al ordeño de los animales.
- Aunque en un primer momento parezca una inversión inalcanzable, la realidad es que es accesible para un gran número de explotaciones. Estas explotaciones verán que a medio-largo plazo la inversión realizada se amortiza y, comparándolo con los gastos de salario que seguirían vinculadas al ordeño, el proyecto resulta viable.
- La instalación de robots en la explotación no genera demasiadas modificaciones estructurales más allá de las necesarias para su implantación. Los aspectos relacionados con la construcción de la ganadería no distan muchos a los de una explotación tradicional con ordeño en sala.
- A pesar de la gran evolución de los últimos modelos de robots y las mejoras en las instalaciones que lo rodean, aún existen aspectos que se pueden mejorar.

8. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Iglesias Naredo, M. (2025). Alimentación en ordeño robotizado. Jornadas Dairy XL de Lely Center Ávila. Zamora.
- Castro, T. (2025). Del ordeño tradicional al ordeño robotizado. Jornadas Dairy XL de Lely Center Ávila. Zamora.
- Escribano, V. (2025). Diseño de granjas robotizadas. Jornadas Dairy XL de Lely Center Ávila. Zamora.
- Gutiérrez Martínez, P. (2020). Fundamentos para la Producción Animal. INEA, Valladolid.
- Gutiérrez Martínez, P. (2021). Tecnología del Bienestar Animal. INEA, Valladolid.
- Gutiérrez Martínez, P. (2022). Nutrición Animal. INEA, Valladolid.
- Gutiérrez Martínez, P. (2022). Sistemas Ganaderos Sostenibles I. INEA, Valladolid.
- Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas. (2023). El sector vacuno de leche en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Real Decreto 347/2003, de 21 de marzo, por el que se regula el sistema de gestión de cuota láctea. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Real Decreto 989/2022, de 29 de noviembre, por el que se establecen normas básicas para el registro de los agentes del sector lácteo, movimientos de la leche y el control en el ámbito de la producción primaria y hasta la primera descarga. Ministerio de la presidencia, relaciones con las cortes y memoria democrática.
- Genética bovina. (2021). Robot de ordeño: breve historia y funcionamiento. Revista genética bovina colombiana.
- López García, E. (2020). Evaluación de las mejoras productivas y reproductivas con la implantación del robot de ordeño. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Veterinaria de Lugo.

- Valencia Magaña, F., Prado Rebolledo, O., Hernández Rivera, J., Cruz Tamayo, A., García Casillas, A. (2023). La ubre de la cabra: mecanismos de secreción láctea y síntesis de proteínas/grasas.
- Martín Richard, M. (2013). La oxitocina en el ordeño, ¿para qué sirve? Revista Frisona Española n.º 193. 2013.
- Lely (2024). Lely MQC-C: una prometedora herramienta de producción láctea para la salud de las ubres. Disponible en: <https://www.lely.com/es/farming-insights/el-lely-mqc-c--una-prometedora-herramienta-de-explotacion-para-la-salud-de-las-ubres/>
- Lely Center Ávila (2024). ¿Cómo funciona? Robot de Ordeño. El Brazo del Astronaut. Parte 2. Garcinuño, H. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Te78wZDXW8I>
- Lorenzana Fernández, R., Prado Sánchez, P., Flores Calvete, G. (2023). La evolución de la calidad de la producción láctea de Galicia. Revista Vaca Pinta n.º 39.
- Butendieck, N. (1997). Células somáticas, mastitis y calidad de leche. En: Calidad de leche e interpretación de resultados de laboratorio. Curso – Taller. Serie Carillanca N° 62. INIA, CL. p 1-15, 31.
- F.A.O. (2025). Medicamentos veterinarios extrapolados. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/vetdrugs/extrapolated-list/es/>
- Trillo Dono, Y. (2019). Diseño de instalaciones para el ordeño automatizado en beneficio del bienestar animal (II). Revista Albétiar n.º 228.
- Asociación Frisona de Cantabria: Control Lechero. Disponible en: <https://www.afca.es/control-lechero>
- Zoetis España. (2023). Genómica en vacuno de leche para una producción rentable y sostenible. Disponible en: <https://www.blog.especialistasennovillas.es/posts/genomica-vacuno-leche-para-una-produccion-rentable-y-sostenible.aspx>
- Charfeddine, N., Ramón, M., Díaz, C., Carabaño, M.J. (2025). Definición de nuevos caracteres a partir de los datos de robot de ordeño. Revista Frisona Española, n.º 266.

Lely: Soluciones: Lely Horizon. Disponible en: <https://www.lely.com/es/soluciones/farm-management-software/horizon/>

Lely: Soluciones: Alimentación: Vector. Disponible en: <https://www.lely.com/es/soluciones/alimentacion/vector/>

Lely Center Ávila (2025): Lely Vector Next - El futuro de la alimentación automatizada. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=makt-L2eD2Y>

Lely: Soluciones: Estiércol: Discovery Scraper. Disponible en: <https://www.lely.com/es/soluciones/estiercol/discovery-scraper/>

Entrevista a Fernando Suárez Mouro (2020). “Ordeño robotizado y control lechero se complementan perfectamente”. Revista Vaca Pinta, n.º 20.

Jacobs J.A. y Siegford J.M. (2012). The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 95:5.

Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas. (2025). Vacuno lechero. Declaraciones de entregas de leche cruda a los primeros compradores. Abril de 2025. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Agronews Castilla y León. (2025). Actualización de las tablas salariales del convenio del campo en Córdoba para 2025. Disponible en: <https://www.agronewscastillayleon.com/campo-tablas-cordoba-2025/>

Campo Galego. (2023). Sala, robot o rotativa: ¿cuándo optar por un sistema de ordeño u otro? Disponible en: <https://www.campogalego.es/sala-robot-o-rotativa-cuando-optar-por-un-sistema-de-ordeno-u-outro/>

Lendewig, A. (2024). Perspectiva global del mercado lácteo. Panel Nacional de Vacuno de Leche. Santiago de Compostela.

DeLaval. (2020). Serie VMS™ DeLaval. Un enfoque del sistema. DeLaval. Madrid.

DeLaval. (2025). DeLaval DelPro™. Las decisiones comienzan aquí. Disponible en: <https://www.delaval.com/es-co/descubra-nuestros-productos/gestion-de-granja/delaval-delpro/>

DeLaval. (2025). Key Features. Disponible en; <https://www.delaval.com/en-us/explore-our-farm-solutions/milking/delaval-vms-series/key-features/?utm>

DeLaval. (2025). DeLaval VMSTTM milking system V310. Disponible en: <https://www.delaval.com/en-us/explore-our-farm-solutions/milking/delaval-vms-series/delaval-vms-milking-system-v310/?utm>

DeLaval. (2023). DeLaval adds to its robotic milking offering in the U.S. Disponible en: <https://www.delaval.com/en-us/learn/newsroom/delaval-adds-to-its-robotic-milking-offering-in-the-u.s?utm>

Frisona Española. (2021). GEA presenta una nueva generación de robots de ordeño. Disponible en: <https://www.revistafrisona.com/Noticia/gea-presenta-una-nueva-generacion-de-robots-de-ordeno>

GEA. (2025). DairyRobot R9500. Disponible en: <https://www.gea.com/es/products/milking-farming-barn/milking-solutions/automatic-milking/dairyrobot-r9500/>

Vaca Pinta. (2021). GEA presenta una nueva generación de robots de ordeño para una mayor rentabilidad de las granjas. Disponible en: <https://vacapinta.com/es/empresa/gea-presenta-una-nueva-generacion-de-robots-de-ord.html>

GEA. (2025). DairyMilk M6800 - Sensores para leche. Disponible en: <https://www.gea.com/es/products/milking-farming-barn/milking-solutions/components/milk-sensors/>

Animal Welfare. (2025). Certificado Welfare. Disponible en: <https://www.animalwelfare.com/en/certificado-welfare/>