

OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN GRANJAS LECHERAS: IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMATIZADO ALIMENTADO POR ENERGÍA SOLAR

INVESTIGADORES: SONIA CONSUELO CALDERÓN Y JOHAN RAMOS RAMIREZ

FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES
CURSO DE PROFUNDIZACIÓN EN RESPONSABILIDAD AMBIENTAL
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA UNIAGRARIA

2024

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE ORDEÑO
AUTOMATIZADO ALIMENTADO POR ENERGÍA SOLAR EN LA FINCA SAN BASILIO

INVESTIGADORES: SONIA CONSUELO CALDERÓN Y JOHAN RAMOS RAMIREZ

MONOGRAFIA DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL Y MECATRÓNICA

DIRECTORES: JIMMY ALEXANDER CABALLERO Y MARIA XIMENA ORTIZ

FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES
CURSO DE PROFUNDIZACIÓN EN RESPONSABILIDAD AMBIENTAL
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA UNIAGRARIA

2024

Resumen

La presente propuesta de investigación presenta la oportunidad de optimizar los procesos de producción lechera, en primer lugar, se tuvo en cuenta el proceso manual actual, con el que se lleva a cabo el ordeño en la finca San Basilio, ubicada en el departamento de Cundinamarca, en el municipio de Cajicá, en la vereda Canelón. A continuación, se realizó una revisión del método de ordeño tradicional y cómo funciona, para que posteriormente se proponga la implementación de un sistema de ordeño alimentado por energía solar; con ello se busca concluir la investigación validando que tan viable es la implementación de este sistema, en la finca San Basilio, y así transformar los métodos tradicionales de ordeño, por un sistema automatizado que aumente la eficiencia y productividad de la finca lechera, reduciendo los costos de producción y mejorando la inocuidad de la leche.

1. Tabla de contenido

1.	Formulación del problema.....	7
2.	Justificación.....	10
3.	Objetivos.....	12
3.1	Objetivo General.....	12
3.2	Objetivos Específicos.....	12
4.	Marco referencial.....	13
4.1	Estado del Arte.....	13
4.2	Marco Histórico.....	16
4.3	Marco Teórico.....	18
4.3.1	Generalidades de la producción de leche.....	18
4.3.1	Generalidades de los sistemas fotovoltaicos.....	20
4.3.2	Diseño de los sistemas mecánicos.....	21
4.3.2.1	Materiales.....	23
4.3.2.1.1	Línea de conducción de ordeño.....	23
4.3.2.1.2	Unidad de ordeño.....	23
4.3.2.1.3	Trampa sanitaria.....	24
4.3.3	Diseño de los sistemas electrónicos.....	24
4.3.3.1	Materiales.....	25
4.3.3.1.1	Paneles solares.....	25
4.3.3.1.2	Regulador de carga.....	25
4.3.3.1.3	Batería.....	26
4.3.3.1.4	Inversor.....	27
4.4	Marco Conceptual.....	27
4.5	Marco Legal.....	29
5.	Diseño Metodológico.....	31
6.	Recursos disponibles.....	34
7.	Cronograma.....	36
8.	Conclusiones.....	37
9.	Bibliografía.....	40

Lista de figuras

Figura 1. Línea de tiempo.	16
Figura 2. Clasificación de ganado especializado en leche.	19
Figura 3. Sistemas off-grid y on-grid.....	21
Figura 4. Esquema de sala de ordeño.....	22
Figura 5. Unidad de ordeño.	23
Figura 6. Trampa sanitaria.	24
Figura 7. Paneles solares.....	25
Figura 8. Controlador de carga.	26
Figura 9. Batería de litio.	26
Figura 10. Inversor.....	27
Figura 11. Ubicación geográfica de la finca San Basilio.....	31
Figura 12. Cronograma.	36
Figura 13. fotografía Finca san basilio, proceso de ordeño manual.....	37
Figura 14. Fotografía Finca san José chía Cundinamarca.	38
Figura 15. Finca san basilio Cajicá, inicio del ordeño manual.	38
Figura 16. Fotografía finca San José proceso de ordeño.	39

Lista de Tablas

Tabla 1: Revisión documental.....	13
Tabla 2: Presupuesto.....	34

1. Formulación del problema

En Colombia, el sector agropecuario representa uno de los sectores económicos más importantes y de mayor aporte al producto interno bruto (PIB) del país, con un aporte del 8,4% en lo que va del 1er trimestre del 2024 (MinAgricultura, 2024). Dentro del sector ganadero participa en el valor agregado sectorial del I trimestre de 2024 del 22,6 % (Agronet, 2024), para la industria lechera presenta grandes desafíos que convergen en factores negativos para el ingreso del productor lechero. Tendremos un alza esperada del salario mínimo –que podría rondar el 12% frente a una inflación estimada al finalizar el año de alrededor de un 10%–. A esto se suma la presión que ya ejerce el aumento de los combustibles, y, por supuesto, el aumento de los peajes, la mayor carga tributaria y otros costos de producción. (Contexto Ganadero, 2023).

En el 2020 el municipio de Cajicá representa el sector ganadero de leche tecnificada y tradicional, con un porcentaje de unos 66.3%, con un inventario de 4.370 cabezas de ganado con la raza pura predominante Holstein.

La zona rural tiene una población de 21.157 habitantes distribuidos en un área de 49 km², lo cual da una densidad poblacional de 431,78 Hab/km². (CONCEJO MUNICIPAL DE CAJICÁ, 2020). Y su temperatura generalmente varía de 7°C a 19 °C y rara vez baja a menos 3 °C o sube a más de 21 °C. (Weather Spark, s.f.).

Aunque las condiciones climáticas del municipio de Cajicá presentan gran humedad y precipitaciones, los sistemas fotovoltaicos deben estar localizados para captar la mayor radiación solar posible. Colombia es un país que cuenta con un clima tropical, por lo que se sugiere emplear

un grado de inclinación entre 0° a 15° desde la horizontal. (Auto Solar, s.f.)

Así mismo, un sistema de ordeño sugiere un consumo entre 18-25kWh por cada 1000 litros de leche producida. (Producir XXI, s.f.). se analizará en este modelo la búsqueda de una solución óptima que permita mejorar la eficiencia del proceso lechero y que a su vez esta actividad sea económicamente viable y sostenible en el tiempo.

La producción láctea del país se encuentra en una situación alarmante debido a una crisis de rentabilidad, que amenaza la viabilidad de los negocios ganaderos en la región. Hernando Molina, presidente de la Asociación Lechera de Filandia, (Asoproagro), expresó su preocupación ante los desafíos que enfrenta el sector, incluyendo los precios de venta del lácteo, que actualmente no cubren los costos de producción. Según Molina, el panorama para los productores de leche es desolador; los costos para producir un litro de leche oscilan entre 1.800 y 1.900 pesos, mientras que el precio de compra promedio por parte de los comercializadores es de solo \$1.600. (González, 2024).

Considerando lo anterior, la optimización de los procesos productivos en el sector lechero es un desafío al que se enfrentan constantemente los productores. Aunque los métodos de ordeño tradicionales se han usado durante varios años en la producción láctea, la creciente demanda de productos lácteos y sus derivados con alta calidad y la necesidad constante de reducir el impacto ambiental; razón por la cual se ha evidenciado la necesidad de encontrar tecnologías más eficientes y sostenibles.

De acuerdo con lo anterior, surge la interrogante sobre la viabilidad y el impacto que genera la implementación de un sistema de ordeño automatizado alimentado por energía solar en la finca de San Basilio. A pesar de los avances en la automatización de los procesos que se llevan a cabo en

la industria láctea, la adopción de sistema de ordeño automatizado aún enfrenta desafíos relacionados con la inversión inicial, la complejidad tecnológica y la adaptación a los sistemas de producción existentes.

Por ello, y en calidad de futuros profesionales con un énfasis medio ambiental, el presente estudio busca responder a la siguiente pregunta: **¿Cómo afecta la implementación de un sistema de ordeño automatizado alimentado por energía solar, en la finca San Basilio a la eficiencia productiva, la calidad de la leche y la rentabilidad económica de la producción láctea?**

2. Justificación

Uno de los impactos negativos que se producen con sistemas de ordeño automatizados es el uso de combustibles fósiles o el uso de energía eléctrica. Cuando los combustibles fósiles se queman, liberan dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que, a su vez, atrapan el calor en nuestra atmósfera, lo cual los convierte en los principales responsables del calentamiento global y el cambio climático. (Nunez, 2023). Por otra parte, una buena porción rural de Colombia aún tiene problemas para acceder al suministro de electricidad, por las deficientes redes de interconexión o simplemente porque estas no existen y se debe acudir a las plantas de generación de energía recurriendo a combustibles como diésel o gasolina. (Rodríguez, 2021).

En términos generales, el consumo eléctrico es uno de los costes operativos más relevantes e incontrolables de los sistemas de ordeño automatizados (AMS), oscilando entre el 35% y el 40% de sus costes operativos anuales totales. (Aldo Calcante, 2016). Para ello es importante aportar soluciones que disminuyan los costes de producción de leche y que, a su vez, den un valor agregado contribuyendo al medio ambiente; se promueve una oportunidad de reducir los costos operativos y la eficiencia en la recolección lechera.

Los sistemas de ordeño automatizados ofrecen múltiples ventajas, como la reducción del trabajo manual, la mejora en la higiene del ordeño, la posibilidad de obtener datos precisos sobre la producción individual de cada vaca y la optimización del uso de recursos. Sin embargo, su implementación requiere una evaluación cuidadosa de los factores técnicos, económicos y ambientales involucrados.

La energía solar, como fuente de energía renovable y cada vez más accesible, representa una alternativa prometedora para reducir la dependencia de los sistemas de energía convencionales y disminuir el impacto ambiental de la producción lechera. Cuando se implemente la combinación de estos sistemas, el ordeño automatizado con paneles solares permitirá que el productor ingrese un mayor número de animales al ordeño, generando una mayor rentabilidad, contribuyendo de esta manera, a mejorar el nivel productivo de la ganadería, incentivando a la ampliación y mejoras en el rendimiento energético de la finca y la optimizando los procesos.

Actualmente, el proceso de ordeño en la Finca San Basilio se realiza manualmente, se lleva a cabo dos veces al día, por lo que se evidencia un mayor desgaste físico del operario y el tiempo que tardan los trabajadores en realizar la colecta, por lo que se hace indispensable la implementación de un sistema que agilice y que permita disminuir los costos y el tiempo que tarda el operario en esta labor.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Analizar la implementación de un sistema de ordeño automatizado alimentado por energía solar que permita evaluar el impacto en la eficiencia energética, productiva, calidad láctea y viabilidad económica de la producción en la finca.

3.2 Objetivos Específicos

1. Implementar un sistema de ordeño automatizado alimentado por energía solar, adaptado a los requerimientos energéticos que demande el área de ordeño.
2. Evaluar el impacto económico en la implementación de un sistema de ordeño automatizado alimentado por energía solar en la finca San Basilio.
3. Calcular el posible impacto que genera la implementación del sistema de ordeño automatizado alimentado por energía solar en la calidad de la leche.

4. Marco referencial

4.1 Estado del Arte

A continuación, se entrega una revisión de documentos exploratorios que nos permitieron ser más concisos en la investigación planteada, véase la tabla 1.

Tabla 1: Revisión documental.

N°	Título	Año	Tipo	Autores	Resumen
1	Efecto del sistema de ordeño y del tipo de forraje en la dieta sobre la calidad de la leche de vacas Holstein-Friesian italianas	2024	Artículo científico	Marcia Simoni, Rokia Temmar, Massimo De Marchi, Andrea Revello-Chion, Marta Pozza, Federico Righi, Carmen L. Manuelian.	El ordeño AMS resultó en leche con menor grasa y un tiempo de coagulación más largo. Por otro lado, las vacas alimentadas con STMR produjeron leche con mayor contenido de grasa, proteína y caseína. En resumen, tanto el sistema de ordeño como el tipo de forraje influyen en las propiedades de la leche.
2	Así funcionan los equipos de ordeño mecánico con paneles solares	2018	Revista	Fedegan	Los paneles solares se integran en equipos de ordeño, alimentando dos unidades simultáneamente. Cada equipo incluye establo, paneles solares, baterías y un regulador de energía. Lorena Mojica, gerente de Durordeños, destacó que los beneficios incluyen mayor productividad y menor impacto ambiental, ya que un panel equivale a plantar ocho árboles. Además, el equipo es portátil y sigue funcionando en caso de cortes eléctricos. Las baterías duran dos horas, lo suficiente para ordeñar en la mañana y la tarde tras recargar durante el día.
3	Diseño y adecuación de un sistema de ordeño	2019	Trabajo de grado	Flor Wandurraga	La implementación del ordeño mecánico móvil busca facilitar el proceso de ordeño, reducir

	mecánico móvil y manual de manejo basado en buenas prácticas de ordeño en ganaderías caprinas				costos y aumentar la productividad de la granja. Además, mejora el manejo y la alimentación del ganado, disminuye el estrés de los animales y optimiza los tiempos de trabajo. Para su correcta aplicación, es esencial entender conceptos clave de ordeño mecanizado y seguir buenas prácticas ganaderas.
4	Conozca las ventajas del uso de energía solar fotovoltaica en el negocio ganadero	2022	Revista	Contexto ganadero	La implementación de energía solar en el sector ganadero ofrece beneficios ambientales y económicos, proporcionando energía confiable en zonas remotas. En Colombia, el 86.7% de la energía en septiembre de 2021 provino de fuentes renovables. A pesar de esto, existe desconocimiento sobre los beneficios de la energía solar, como la reducción de costos y el impacto ambiental. Expertos, como Federico Jaramillo Montoya y Fernando Kerguelen Velilla, han destacado el uso de paneles solares y energía fotovoltaica en fincas durante la conferencia "Aprendo y Emprendo con Subastar".
5	Diseño de una ordeñadora que funcione con energía fotovoltaica	2016	Artículo	Osiris Muñoz, Wiler Ponce, Gianpierre Calderón, Rosa Terán	Busca diseñar una ordeñadora mecánica alimentada por energía solar mediante un sistema fotovoltaico. Los beneficios incluyen la reducción del tiempo en el ordeño, mayor productividad, mejoras en la salud de los ganaderos por mejor ergonomía, y una extracción de leche más limpia y saludable, al ser un sistema aislado del

					ambiente y sostenible gracias al uso de energías renovables.
6	El uso de tecnología de alta automatización en la sala de ordeño de vacas	2022	Revista	Universo de la salud animal	El ordeño puede optimizarse con tecnologías de automatización y monitoreo animal, mejorando la eficiencia y permitiendo la detección temprana de problemas de salud en el ganado. Los sistemas avanzados de ordeño mecánico reducen enfermedades como la mastitis bovina al mejorar el manejo del proceso. Estas innovaciones ayudan a prevenir problemas y aumentar la productividad en la producción de leche.
7	Sistema fotovoltaico como alternativa sostenible para el funcionamiento de una alcaldía municipal	2020	Artículo científico	Belissa Vargas, Danny Lopez	Esta investigación propone un sistema fotovoltaico para mejorar el servicio de energía eléctrica en la Alcaldía de Dibulla. Utiliza un enfoque mixto con una metodología no experimental y un estudio descriptivo, encuestando a 68 personas. Los resultados señalan la ineficiencia del operador de energía actual y sugieren que un sistema fotovoltaico conectado a la red promovería una cultura de ahorro energético, mejorando las condiciones laborales a través del uso de fuentes renovables.

Nota. Se muestra una revisión de varias fuentes donde se aprecian artículos relacionados con la investigación planteada. **Fuente:** Propia del autor.

Este proyecto resalta la importancia de la implementación y uso de los sistemas fotovoltaicos en la producción de leche y de energía, el cual lograría una reducción de tiempo y costos que implica la producción de leche, así como el portal Isla Solar lo expresa (Sacho, 2023). Isla Solar evidencia

que: “Ayuda a reducir el consumo de energía y ahorra dinero en las facturas de electricidad. También hace que las granjas sean menos dependientes de la red eléctrica convencional y contribuyan a proteger el medio ambiente y mantener la sostenibilidad. Es una forma inteligente y amigable con el planeta de obtener energía”.

4.2 Marco Histórico

A continuación, se presenta una línea del tiempo como referencia de la evolución y cambios que se han venido dando a lo largo de la historia, donde la transformación en los métodos de ordeño ha avanzado permitiendo reemplazar los métodos tradicionales de colectar leche.

Figura 1. Línea de tiempo.



Nota. Son los sucesos más representativos de los avances que se tuvieron para el proceso de ordeño.

Fuente: Propia del autor.

El origen del consumo de leche de vaca se remonta hasta hace 11.000 años. Cuando los humanos que vivían como nómadas empezaron a ordeñar a los animales para obtener alimento de ellos. (Leche Celta, 2024). Previo a esto, todos los adultos eran intolerantes a la lactosa, por lo que la leche se consumía fermentada en forma de yogures o quesos (con la fermentación desaparece parte de la lactosa de la leche). (Equipo Ceva Salud Animal, 2022)

El origen de las prácticas de ordeño mecánico se presentó por primera vez en 1836, En los comienzos se utilizó simplemente un tubo metálico o cánula insertada en el pezón para permitir la salida de leche por gravedad y aprovechando la presión intramamaria. La primera patente de esta máquina de ordeña le perteneció a Blurton en 1836, quien unía las cuatro cánulas a un embudo suspendido del propio animal. Aun cuando el riesgo de dañar el pezón era evidente, otros siguieron este ejemplo y la idea fue desarrollada comercialmente. (Lopez, 2007). Este fue el primer paso para que los inventores sucesores se basaran en estas técnicas para obtener mecanismos de mayor sofisticación.

Posterior a esto, se obtuvo otro diseño el cual incorporaba más sofisticación, Idea que desarrolló comercialmente en 1851 Hodges & Brockedon, quienes fueron los primeros en incorporar el concepto de vacío en el ordeño. Concepto que perfeccionó Colvin en USA en 1860. (HERNÁNDEZ, 2010).

Debido a la revolución industrial este proceso se aceleró bastante rápido, permitiendo así la inclusión de máquinas de ordeñar al vacío y automáticas. Este tipo de prácticas obtuvieron grandes

beneficios y se basaba en una extracción aséptica, además de no provocar daños a la ubre, pasó a ser un factor muy importante de bienestar animal e higiene. Dio inicio con un sistema de vacío continuo, el cual se fue desarrollando de tal manera que se generaran pulsos de vacío en la tetina, la cual se conecta a la ubre y simula de forma bastante certera el movimiento que realizaría el ternero a la hora de mamar. (Leche Pascual, 2019).

Posteriormente, en 1992 se presentó el prototipo del primer robot de ordeño, que muchos productores lecheros reconocen como el invento más importante del siglo XX. Estas máquinas de ordeño robóticas pasarían a llamarse sistemas de ordeño automatizados (AMS). El ordeño robótico permitía ordeñar a las vacas varias veces al día y ayudaba a reducir los costes laborales de los productores lecheros. Fue a partir de 1992 que se obtiene un mayor aumento de la productividad, esto se da con la sustitución del ordeño manual por el mecánico, y actualmente con el uso de la automatización. (Genetica Animal, 2024).

Finalmente, en la actualidad el ordeño se realiza mecánicamente, gracias a la máquina de ordeño, lo que facilita la extracción de leche aumentando el número de vacas que serán ordeñadas a la vez, permitiendo disminuir el tiempo y mano de obra, respecto al ordeño tradicional manual con equipos de ordeño individuales. (Jimenez, 2022).

4.3 Marco Teórico

4.3.1 Generalidades de la producción de leche

Alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción de leche. En la mayoría de los países en desarrollo, la leche es producida por pequeños agricultores

contribuyendo estos a los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares. A través de la producción de leche los pequeños productores pueden obtener ingresos relativamente rápidos siendo esta una fuente importante para su subsistencia. Entre las diversas razas de ganado que existen actualmente se encuentran especializadas en la producción de leche:

Figura 2. Clasificación de ganado especializado en leche.



Nota. Las principales razas características para el sector lechero. **Fuente:** (Interés Agronómico, 2023).

Las principales características que sobresalen del ganado lechero son:

- Estructura corporal angulosa y triangular.
- Buena conformación de ubre.
- Altas producciones diarias de leche (40 litros o más).
- Leche con mayor contenido proteico y graso.

No obstante, En el portal BM Editores se explica que está comprobado por estudios a nivel mundial que la vaca híbrida tiene mayor productividad que la vaca de raza pura, por eso los expertos aseguran que todos los productores en el mundo deberían contar con animales F1 que tienen gran satisfacción. (Contexto Ganadero, 2022)

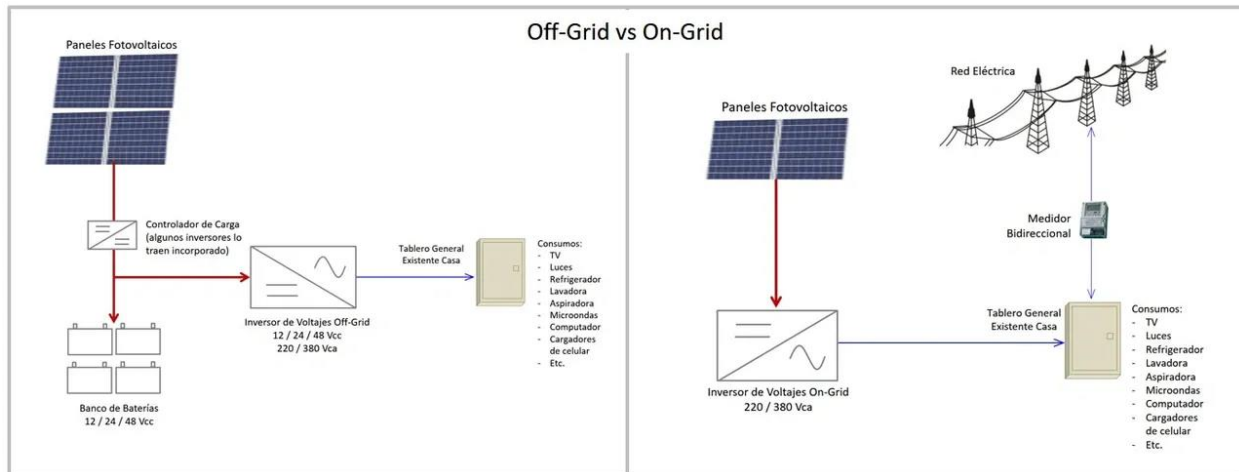
4.3.1 Generalidades de los sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos son una alternativa conveniente para la productividad energética que demanda el sector lechero para la producción de productos de lácteos, donde los sistemas fotovoltaicos al ser energías renovables, que permite la reducción de emisiones de carbono, disminuyendo el impacto generado al medio ambiente. Por definición, Un sistema fotovoltaico es un sistema eléctrico especial que produce energía a partir de una fuente renovable e inagotable: el sol. (Enel X). las estructuras para placas solares son imprescindibles, para dotar a los paneles solares de la inclinación y orientación que necesitan. (alusin solar, 2022).

Como las alternativas a destacar sistemas fotovoltaicos encuéntranos el On-grid y Off-grid. Estos sistemas se definen como formas para generar energía solar a través de la implementación de sistemas fotovoltaicos, siendo los sistemas off grid una instalación completamente independiente, mientras que los on grid se respalda por la red eléctrica.

Generalmente se recurre a este tipo de instalaciones cuando se desea generar un ahorro en materia energética, o cuando no se tiene acceso directo a la red pública, es en estos casos donde la mejor solución a corto y mediano plazo es generar energía de forma autónoma para el autoconsumo. (Solcorchile).

Figura 3. Sistemas off-grid y on-grid.



Nota. Los tipos de sistemas para la generación de energía fotovoltaica. **Fuente:** (*Energía Electricidad Electrónica Centro SpA, 2021*).

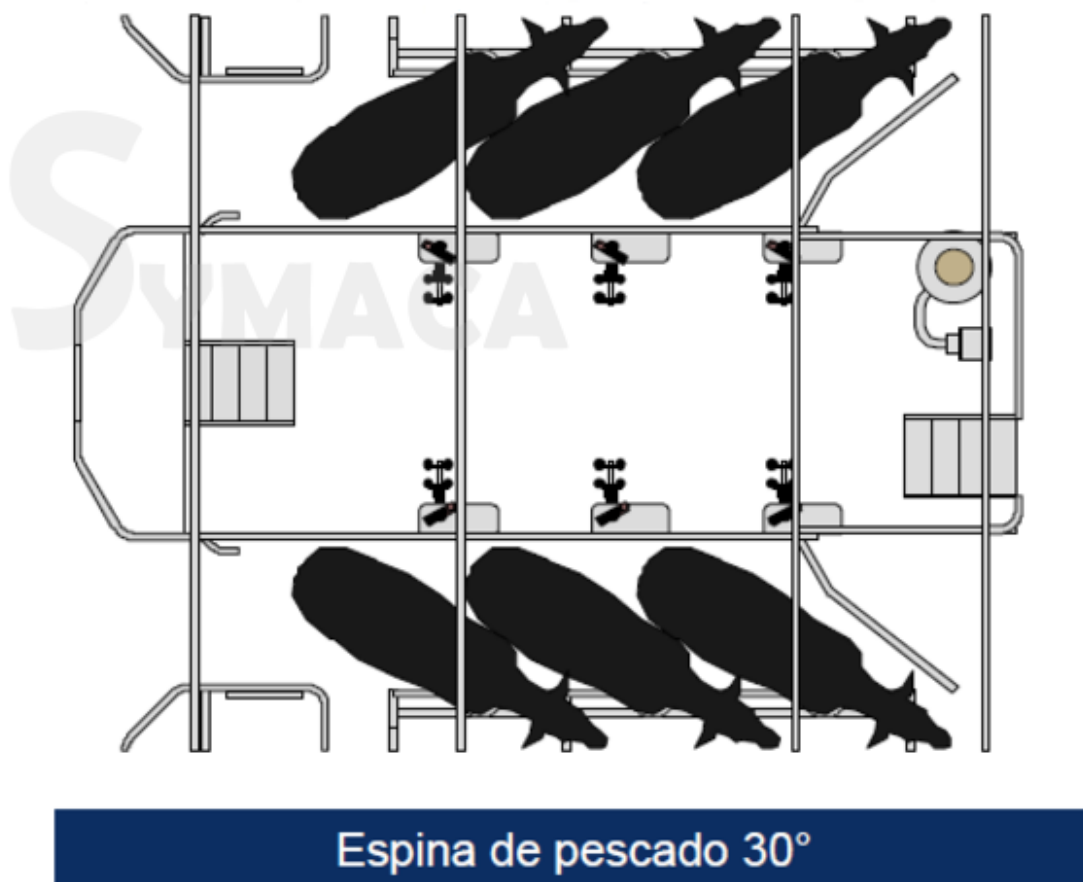
4.3.2 Diseño de los sistemas mecánicos

Para la metodología que será implementada al diseño mecánico, se da inicio con el diseño de un modelo estructural utilizando la herramienta SolidWorks, cual nos permite crear un esquema validando el tipo de materiales y resistencias de esfuerzo al que será sometido el material.

Los materiales que serán usados para este tipo de diseño son: Acero estructural galvanizado, Pisos con revestimientos de goma, tejas termoacústicas de acero, malla metálica galvanizada y un sistema de drenaje con canecas de acero inoxidable.

Para el tipo de requerimiento y necesidad de la finca San Basilio se opta por implementación de un equipo de ordeño identificado con el nombre de **Espina de pescado**, esto se debe a que en ella los bovinos se ubican de manera “Diagonal”, así el ordeño de los animales se realiza al mismo tiempo.

Figura 4. Esquema de sala de ordeño.



Nota. Este es el tipo de sistema de ordeño que será implementado en la investigación y es conocido como espina de pescado **Fuente:** (Symaca).

En el mercado podemos encontrar una gran variedad de materiales a utilizar, lo cual dificulta la elección, partiendo de las necesidades individuales de los Hatos lecheros, para la elección de este equipo se tuvieron en cuenta diversas condiciones y factores medio ambientales. Otro de los criterios bajo los cuales se eligió este tipo de materiales usado para el diseño mecánico, se basó en el ciclo de vida, la conformación del material, el costo y el peso del material.

4.3.2.1 Materiales

4.3.2.1.1 Línea de conducción de ordeño

Deben ser de acero estructural galvanizado o vidrio y su función es transportar la leche hasta los colectores. El diámetro depende del número de unidades de ordeño, la velocidad de la leche, la longitud y la inclinación de la línea y el aire presente en ella. (Contexto Ganadero, 2020).

4.3.2.1.2 Unidad de ordeño

Es la parte del sistema que se encargará de realizar el ordeño propiamente, está compuesta por los elementos que a continuación mencionaremos.

Figura 5. Unidad de ordeño.



Nota. La unidad de ordeño es usada para la extracción de la leche y funciona como bomba al vacío. **Fuente:** (weizur).

4.3.2.1.3 Trampa sanitaria

Su función es crear una conexión de seguridad entre la unidad final, el sistema de vacío y el sistema de pulsación, lo que evita que líquidos pasen a la unidad de vacío y a la línea de pulsación. (ordecol).

Figura 6. Trampa sanitaria.



Nota. Este instrumento permite la seguridad entre la bomba al vacío y la línea de pulsación **Fuente:** (Condor S.r.l.).

4.3.3 Diseño de los sistemas electrónicos

Los sistemas electrónicos son conjuntos de circuitos que operan con señales eléctricas y las convierten, para ejecutar una determinada función. Constan de una etapa de entrada, en la que se recogen datos del exterior (luz, humedad, movimiento, pulsación en un teclado, temperatura, etc.) y de una etapa de proceso o control, donde se interpretan, gestionan y elaboran mecanismos, que permiten o no activar los dispositivos de salida. (Rocio & Jorge).

4.3.3.1 Materiales

4.3.3.1.1 Paneles solares

Los paneles solares captan la luz solar, convirtiendo la luz solar en energía utilizable. Su diseño es sencillo, altamente eficiente, y facilita el autoconsumo, promoviendo así la utilización de energías alternas más sostenibles.

Figura 7. Paneles solares.



Nota. Representa los tipos de paneles solares que se encuentran en el mercado monocristalino y policristalino. **Fuente:** (Energía Solar, 2024)

4.3.3.1.2 Regulador de carga

El regulador de carga solar es un dispositivo electrónico que va situado entre los paneles solares y las baterías. Su función es regular el flujo de energía que va de los paneles a las baterías. Controla tanto la intensidad como el voltaje que reciben estas, con el objetivo que la recarga sea en condiciones óptimas y no dañe las baterías. El fin es alargar la vida útil de ellas. (Techno Sun)

Figura 8. Controlador de carga.



Nota. El controlador de carga permite el paso o no de la energía. **Fuente:** (solarbex).

4.3.3.1.3 Batería

Las baterías para paneles solares funcionan mediante de una reacción química, que lo permite almacenar energía química y convertirla en energía eléctrica. Esto ocurre cuando los iones de litio sueltan electrones libres, los cuales marchan desde el ánodo (oxidación) con carga negativa que se trasladan al cátodo (reducción) con carga positiva. (Grupo Solinc).

Figura 9. Batería de litio.



Nota. El banco de baterías almacena la energía recolectada por los paneles solares. **Fuente:** (Grupo Solinc).

4.3.3.1.4 Inversor

Un inversor solar se encarga de transformar la corriente continua que proviene de los paneles solares en corriente alterna, lo cual hace compatible y seguro el uso de la energía solar para alimentar el equipo en la sala de ordeño. (Lumeras, 2024).

Figura 10. Inversor.



Nota. Este elemento transforma la energía con el fin de evitar fallas en los otros componentes. **Fuente:** (julpin)

4.4 Marco Conceptual

Ganadería: Es una actividad económica que se basa en la crianza, el cuidado y la explotación de semovientes, en la cual se busca obtener productos como la leche, la carne y subproductos para el consumo humano.

Automatización: Es el uso de tecnologías y sistemas para realizar tareas disminuyendo la intervención humana y apropiándola en el accionar de alguna labor que tenga ejecución y que puedan generar demoras por la ejecución manual.

Tipos de sistemas de ordeño: Encontramos diversos tipos de sistemas de ordeños que satisfacen las necesidades en la finca, esto con el objetivo de aumentar la productividad de la producción lechera, se encuentran 5 tipos de estructuras los cuales son: Automático, rotativo, paralelo, tándem y el más conocido es la espina de pescado.

Optimización de procesos: Esta técnica se basa en la capacidad de corregir o eliminar posibles errores a nivel de producción y permitir que los procesos sean más eficientes y esto genere como resultado una reducción en los tiempos de producción.

Sistemas fotovoltaicos: Un sistema fotovoltaico convierte la luz solar en electricidad mediante paneles solares, proporcionando una fuente de energía renovable; El uso de sistemas fotovoltaicos en la producción lechera es clave para alimentar el sistema de ordeño automatizado con energía limpia, reduciendo la dependencia de fuentes de energía tradicionales y haciendo el proceso más sostenible.

Reducción de costos: Es un proceso que permite al usuario o a quien lo esté llevando a cabo en este caso la finca ganadera minimizar los costos en los diversos procesos para la producción de leche, con el fin de incrementar las ganancias; Para ello, es necesario tomar decisiones y aplicar las acciones para que este proceso se eficaz.

Prototipo: Es la versión inicial de un producto o servicio, este es usado para evaluar su funcionamiento y mejora antes de la producción en masa.

Software (SolidWorks): Este software asistido por computadora (CAD) permite crear modelos 3D de productos y sistemas mecánicos; SolidWorks puede ser crucial en el diseño del sistema de ordeño automatizado.

Análisis de datos: El análisis de datos es una práctica que tiene como objetivo convertir datos que se encuentren sin procesar, permitiendo a n sí que esta información sea más manejable y entendible. El análisis de datos permite tomar decisiones en pro de un crecimiento económico y productivo.

4.5 Marco Legal

Cuando evaluamos la aplicación del sistema de ordeño automatizado alimentado por energía solar en la Finca San Basilio deben considerar varias normativas tanto en el sector agropecuario como en el energético, teniendo en cuenta aspectos ambientales, económicos y de producción.

Estas son algunas leyes y regulaciones:

Al ser un producto para el consumo humano el ministerio de salud con el decreto 1880 de 2011 propone una serie de requisitos para la comercialización de la leche, por el cual la finca debe estar registrada en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) esto en primera instancia para lograr llevar a cabo la venta de la leche, ahora bien, en cuanto a los aspectos de salubridad el Decreto 626 de 2006, de sector salud, tiene por objeto establecer el reglamento técnico a través del cual se señalan los requisitos que debe cumplir la leche de animales bovinos, bufalinos y caprinos destinada para el consumo humano, con el fin de proteger la vida, la salud y la seguridad humana

y prevenir las prácticas que puedan inducir a error, confusión o engaño a los consumidores. (Agencia de desarrollo rural). Para ello el transformar un ordeño manual a uno automatizado permitirá la disminución de agentes contaminantes.

El plantear un sistema fotovoltaico permite acceder a múltiples beneficios con los que cuenta el estado, así como lo establece Ley 1715 de 2014- Fuentes No Convencionales de Energía Renovable – FNCER, en ella se busca promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía sistemas de almacenamiento de tales fuentes y uso eficiente de la energía, principalmente aquellas de carácter renovable. (Ministerio de Minas y Energía (UPME)). En Colombia se definen las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) como recursos energéticos renovables, ambientalmente sostenibles, que no se comercializan o usan en el país, entre ellos la biomasa, la energía solar; la integración de los paneles para nuestro proyecto por esta ley nos da libertad de trabajar con los recursos naturales sin restricciones y apoyando el cuidado del medio ambiente la promoción de energías renovables.

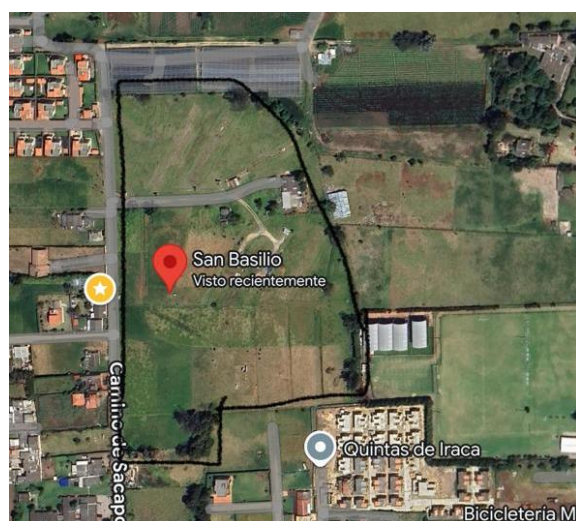
Analizando la **Ley 1774 de 2016** que expresa el estado colombiano establece que los animales vertebrados como seres sintientes no son cosas. (Minambiente, 2022), se debe buscar la manera más adecuada que permita a los bovinos reducir el estrés que produce estar llevándolos a las zonas de ordeño siendo estas muy alejadas y demandan un desgaste energético al bovino. Esta investigación se realiza también con una proyección a la mejora de la práctica de ordeño manual más que reducción de costos y trabajo operativo un ordeño con menos estrés menos tiempo de encierro de los animales en los corrales preparándolos para el ordeño.

5. Diseño Metodológico

Este estudio se basó en un enfoque cuantitativo y experimental, ya que busca evaluar los efectos de la implementación de un sistema de ordeño automatizado alimentado por energía solar en una finca lechera San Basilio. Se realizarán mediciones para verificar los tiempos e idear como se pueden reducir y optimar el proceso.

Contexto y ubicación geográfica: Se seleccionará un grupo de vacas lecheras para evaluar las diferencias entre el sistema de ordeño manual tradicional y seleccionaremos otro lote para evaluar el sistema automatizado y poder relacionar al análisis del propuesto. Geográficamente el estudio se hará en la finca San Basilio, en el municipio de Cajicá. Se encuentra con unas coordenadas de 4.9029004352244225, -74.04058864126183. Esta se encuentra a 8 km de la ciudad de Bogotá, en Colombia. Véase la figura 11.

Figura 11. Ubicación geográfica de la finca San Basilio.



Nota. La finca San Basilio ubicada en la vereda el canelón municipio de Cajicá. **Fuente:** Google maps.

Población y muestra: se representará por las vacas que se encuentran en la finca san Basilio, en etapa de producción, después buscaremos un lote que vacas que tengan las mismas donde se emplee un ordeño automatizado y evaluaremos

Diseño experimental: Se utilizará un diseño experimental de pretest y posttest. En la fase de pretest, se registrarán los datos de producción, calidad de la leche, consumo de energía y costos asociados al sistema de ordeño manual. Después verificar con otros sistemas de ordeños para dar manejo a optimización de tiempos y movimientos posttest, donde se medirán las mismas variables para comparar los resultados y analizar el impacto del nuevo sistema que se planteara.

Grupo de control: vacas en la que se practica el ordeño manual.

Grupo experimental: vacas en la que se practica el ordeño automatizado no impulsado con energías renovables.

Variables para medir: cantidad de leche producida por vacas en ambos procesos.

Calidad de la leche: por medio de un análisis de laboratorio se identificará si presenta contaminación de algún tipo la leche tratada con equipo de ordeño manual.

Costos de producción: Se revisarán los costos de mano de obra del proceso de ordeño tradicional, energía usada en un ordeño automatizado con parámetros similares a los de la finca que maneja el ordeño manual.

Consumo de energía: se revisará el consumo de energía de un equipo de ordeño automatizado que funcione con energía (corriente eléctrica tradicional)

Bienestar animal: se observará y comparar el estado de los animales y sus comportamientos con los equipos de ordeños automatizado y manual.

Instrumentos de recolección de datos: planillas para tomar tiempos de ordeño, cantidad de leche producida, estado visual de los animales.

Análisis de laboratorio: se evaluará la calidad de la leche producida

Registros de costos: para comparar todo con los dos sistemas mencionados.

Observación directa: para analizar el estado y comportamiento de los animales durante el ordeño tradicional que se efectúa ahora.

Procedimiento Fase inicial (pretest): recolección de datos e información del ordeño manual incluyendo producción de leche, calidad de la leche, comportamiento de los animales y tiempo del proceso de ordeño manual.

También se verificará como es el proceso y los anteriores entes para de un ordeño automatizado.

Fase final (postest): al llegar a este proceso se debió culminar el equipo lo cual se debe realizar una comparación de la Fase inicial (pretest)

Las limitaciones para este estudio son los equipos de ordeño que actualmente se comercializan, los comportamientos que puedan tener las vacas que se realizan a un cambio de ordeño manual o a uno automatizado; este diseño metodológico nos da la opción para evaluar la viabilidad y efectividad de implementar este sistema de ordeño con energía solar en la finca san basilio con el fin de ser una finca eficiente, productiva sostenible y esto entregándonos una reducción de costos.

6. Recursos disponibles

Para esta investigación se hace indispensable apoyarnos en el talento humano para dirigir la maquinaria, con el fin, de generar un sistema que requiera un menor gasto energético humano con el fin de generar una mayor gestión en la seguridad y salud del operario, de igual manera observar la inversión inicial que requiere un sistema fotovoltaico. De este modo garantizar la viabilidad de la implementación del sistema, a continuación, se muestra una tabla en donde se encontrará la cantidad y tipo de material que el sistema requiere, estos precios se encuentran demarcados en pesos colombianos (COP), estos elementos son:

Tabla 2: Presupuesto.

MANO DE OBRA					
Cantidad	Rubro	Detalles	Unidad	Valor unitario	Valor Total
2	Personal	Estudiantes investigadores	Hora	\$10.000	\$20.000
TOTAL:					\$20.000

MATERIALES MECÁNICOS					
30	Acero estructural galvanizado	Compra	metros	\$10.000	\$300.000
18	Tejas termoacústicas de acero	Compra	Metro cuadrado	\$100.000	\$1'800.000

30	Revestimientos de goma	Compra	Metro cuadrado	\$120.000	\$3'600.000
20	Malla metálica galvanizada	Compra	Metro cuadrado	\$80.000	\$1'600.000
TOTAL:					\$7'300.000

MATERIALES ELECTRONICOS					
4	Paneles Solares (400W)	Compra	Unidad	\$1'206.700	\$4'826.800
1	Banco de Baterías (Litio 48V, 200Ah)	Compra	Unidad	\$12'697.000	\$12'697.000
1	Inversor (4 kW, 48V)	Compra	Unidad	\$4'500.000	\$4'500.000
1	Regulador de carga (40A, 48V)	Compra	Unidad	\$800.000	\$800.000
100	Cableado	Compra	Unidad	\$12,000/m	\$1'200.000
	Otros	Compra	Unidad	\$600.000	\$600.000
TOTAL:					\$24'623.800

SOFTWARE					
1	Software SolidWorks	Libre	Horas	\$0	\$0
TOTAL:					\$0

OTROS					
1	Transporte y logística	Personal	Horas	\$600.000	\$600.000
TOTAL:					\$600.000

Nota. Tabla de elementos implementados para el desarrollo de la investigación. **Fuente:** Propia del autor.

7. Cronograma

Figura 12. Cronograma.

TAREAS	JULIO			AGOSTO				SEPTIEMBRE		
1. Etapa 1: Revisión de documentación										
2. Etapa de desarrollo										
2.1 Revisión técnica de los equipos										
3. Etapa 3: implementación de los equipos										
Puesta en marcha										
Análisis de resultados										
Preparación del informe										
Presentación del informe										

Nota. Sucesos Transcurridos para el desarrollo de la investigación. **Fuente:** Propia del autor.

8. Conclusiones

Como resultado del análisis para la implementación del sistema de ordeño alimentado por energía solar pudimos evidenciar lo siguiente:

1. A través de la implementación del sistema de ordeño alimentado por energía solar, para el caso del ordeño automatizado, el tiempo se estima entre los 5 a 8 minutos aproximadamente, lo que nos muestra la disminución de tiempo comparado con un proceso de ordeño manual que oscila entre los 10 y 15 minutos por cada vaca, tiempo que supera la eficiencia que se alcanzaría con la implementación del sistema de ordeño alimentado por energía solar.

Finalmente se logrará ser más eficiente en el proceso de ordeño a través de la implementación del sistema de ordeño alimentado por energía solar lo que se refleja en la disminución del impacto negativo que genera el uso de sistemas tradicionales.

Figura 13. fotografía Finca san basilio, proceso de ordeño manual.



Nota. Vaca Holstein cruce con jersey, tiempo de ordeño 13,5 minutos y producción 10 lt. **Fuente:** Propia del autor.

Figura 14. Fotografía Finca san José chía Cundinamarca.



Nota. proceso de ordeño con equipo vaca Holstein cruce con jersey, tiempo de ordeño 6,5 minutos y producción 12 lt. **Fuente:** Propia del autor.

2. A partir de la implementación de un equipo de ordeño automatizado alimentado por energía solar, se logrará disminuir significativamente el estrés al que son sometidas las vacas en el ordeño tradicional, logrando así un aumento representativo en la producción de leche.

Figura 15. Finca san basilio Cajicá, inicio del ordeño manual.



Nota. Ubicación del bovino para el proceso de ordeño. **Fuente:** Propia del autor.

Figura 16. Fotografía finca San José proceso de ordeño.



Nota. Ordeño automatizado, instalación adaptada para el proceso automatizado. Donde las vacas se encuentran en una plataforma. **Fuente:** Propia del autor.

3. La implementación del sistema de ordeño automatizado con energía solar en la finca San Basilio, no solo mejora la eficiencia en la producción de leche, sino que también, demuestra un impacto significativo en la reducción de costos operativos ligados al uso de electricidad generada por los paneles solares, Al implementar un del sistema de ordeño alimentado por energía solar, se alcanzaran ahorros significativos al dejar atrás el uso de combustibles fósiles.

9. Bibliografía

- Agencia de desarrollo rural. (s.f.). *Requisitos para Acceso a Mercados Agroalimentarios*. Obtenido de Requisitos para Acceso a Mercados Agroalimentarios: <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/Requisitos-para-Acceso-a-Mercados-Agroalimentarios.pdf>
- Agronet. (15 de 05 de 2024). *Colombia potencia de la vida*. Obtenido de Colombia potencia de la vida: [https://www.agronet.gov.co/Lists/Boletin/Attachments/23833/PIB%20I%20trimestre%202024%20\(1\).pdf](https://www.agronet.gov.co/Lists/Boletin/Attachments/23833/PIB%20I%20trimestre%202024%20(1).pdf)
- Aldo Calcante, F. M. (Mayo de 2016). *journal of dairy science*. Obtenido de journal of dairy science: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(16\)30057-1/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30057-1/fulltext)
- alusin solar. (12 de Diciembre de 2022). *alusin solar*. Obtenido de alusin solar: <https://alusinsolar.com/cuales-son-los-componentes-de-un-sistema-solar-fotovoltaico/>
- Auto Solar. (s.f.). *Auto Solar*. Obtenido de Auto Solar: <https://autosolar.co/energia-solar/ventajas-de-los-paneles-solares?srsId=AfmBOooJz7pCKp-f8rZa8HXSM-AtgqR2paRhqlcJlycwd383bXtHLOTU>
- CONCEJO MUNICIPAL DE CAJICÁ. (05 de 2020). *Sabana Centro Conmovamos*. Obtenido de Sabana Centro Conmovamos: <https://sabanacentrocomovamos.org/home/wp-content/uploads/2020/05/Cajica.pdf>
- Condor S.r.l. (s.f.). *Agriexpo*. Obtenido de Agriexpo: <https://www.agriexpo.online/es/prod/condor-srl/product-171422-20132.html>
- Contexto Ganadero. (27 de Julio de 2020). *Contexto Ganadero*. Obtenido de Contexto Ganadero: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/estos-son-los-componentes-en-un-sistema-de-ordeno-mecanico-tradicional>
- Contexto Ganadero. (13 de Junio de 2022). *Portallechero.com*. Obtenido de Portallechero.com: <https://portallechero.com/9-cruces-entre-razas-para-mejorar-su-hato-lechero/>
- Contexto Ganadero. (23 de 11 de 2023). *Contexto Ganadero*. Obtenido de Contexto Ganadero: <https://www.contextoganadero.com/economia/por-que-producimos-menos-leche-que-pasara-en-2024-con-los-precios-al-productor>
- Enel X. (s.f.). *Enel X*. Obtenido de Enel X: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/how-does-a-photovoltaic-system-work#:~:text=Un%20sistema%20fotovoltaico%20es%20un,renovable%20e%20inagotable%3A%20el%20sol.>
- Energía Electricidad Electrónica Centro SpA. (4 de Agosto de 2021). *Energía Electricidad Electrónica Centro SpA*. Obtenido de Energía Electricidad Electrónica Centro SpA: <https://e3c.cl/f/off-grid-vs-on-grid>
- Energía Solar. (05 de Julio de 2024). *ecoinventos*. Obtenido de ecoinventos: <https://ecoinventos.com/tipos-de-paneles-solares/>
- Equipo Ceva Salud Animal. (25 de Julio de 2022). *Ceva*. Obtenido de Ceva: <https://ruminants.ceva.pro/es/ordeno-de-oveja>
- Genetica Animal. (12 de Septiembre de 2024). *Revista Genetica Bovina*. Obtenido de Revista Genetica Bovina: <https://revistageneticabovina.com/ganaderias/robot-de-ordeno/>
- González, D. M. (18 de Septiembre de 2024). *Infobae*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/colombia/2024/05/05/crisis-en-el-sector-lacteo-queso-y-leche-cambiaran-de-precio-por-costos-de-produccion/>
- Grupo Solinc. (s.f.). *Grupo Solinc*. Obtenido de Grupo Solinc: <https://solinc.com.mx/blog/panel-solar/baterias-para-paneles-solares/>
- HERNÁNDEZ, J. C. (2010). *Repository Eafit*. Obtenido de Repository Eafit: <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/3fc02f68-517b-4302-a3ca-c79b8cee9ad5/content>
- Hussain, G. (06 de Enero de 2023). *Sentient*. Obtenido de Sentient: <https://sentientmedia.org/es/por-que->

- es-mala-la-ganaderia-lechera/
 Interés Agronómico. (14 de Octubre de 2023). *Interés Agronómico*. Obtenido de Interés Agronómico: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=345129384541798&id=100071342187353&set=a.194977962890275>
- Jimenez, A. (23 de Junio de 2022). *Ceva*. Obtenido de Ceva: <https://ruminants.ceva.pro/es/sala-de-ordeno#:~:text=Actualmente%20el%20orde%C3%B1o%20se%20realiza,orde%C3%B1o%20ma%C3%B1ual%20con%20orde%C3%B1adoras%20individuales>.
- julpin. (s.f.). *julpin Electrónica y robótica*. Obtenido de julpin Electrónica y robótica: <https://www.julpin.com.co/inicio/de-12vdc-a-110vac/970-inversor-de-corriente-off-grid-de-12v-y-2kw.html>
- Leche Celta. (9 de Enero de 2024). *Linkedin*. Obtenido de Linkedin: <https://es.linkedin.com/pulse/historia-de-la-leche-y-su-importancia-en-alimentaci%C3%B3n-humana-khmbf#:~:text=El%20origen%20del%20consumo%20de,las%20ovejas%20y%20las%20cabras>.
- Leche Pascual. (26 de Agosto de 2019). *Leche Pascual*. Obtenido de Leche Pascual: <https://lechepascual.es/articulos/leche-pascual/ordeno-mecanico/>
- Lopez, A. (18 de Mayo de 2007). *20 minutos*. Obtenido de 20 minutos: <https://www.20minutos.es/cultura/blogs/yaestaellistoquetodolosabe/cual-es-origen-las-ordenadoras-5624899/>
- Lumeras, A. (26 de Agosto de 2024). *Sunhero*. Obtenido de Sunhero: [https://www.sunhero.com/blog/que-es-un-inversor-solar-y-que-funcion-cumple-en-el-autoconsumo/#:~:text=Un%20inversor%20solar%20se%20encarga,y%20la%20continua%20\(DC\)](https://www.sunhero.com/blog/que-es-un-inversor-solar-y-que-funcion-cumple-en-el-autoconsumo/#:~:text=Un%20inversor%20solar%20se%20encarga,y%20la%20continua%20(DC))).
- MinAgricultura. (14 de 5 de 2024). *MinAgricultura*. Obtenido de MinAgricultura: [https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-el-primer-trimestre-de-2024,-el-agro-jalon%C3%B3-la-econom%C3%ADa,-al-registrar-un-crecimiento-del-5,5.aspx#:~:text=1%2C6%20%25\).-El%20valor%20agregado%20de%20la%20agricultura%2C%20ganader%C3%ADa%2C%2](https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-el-primer-trimestre-de-2024,-el-agro-jalon%C3%B3-la-econom%C3%ADa,-al-registrar-un-crecimiento-del-5,5.aspx#:~:text=1%2C6%20%25).-El%20valor%20agregado%20de%20la%20agricultura%2C%20ganader%C3%ADa%2C%2)
- Minambiente. (2022). *POLÍTICA NACIONAL DE PROTECCIÓN Y BIENESTAR ANIMAL*. Obtenido de POLÍTICA NACIONAL DE PROTECCIÓN Y BIENESTAR ANIMAL: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/08/20220408_Politica-Bienestar-Animal_Vers3-doc-final-ok-16062022.pdf
- Ministerio de Minas y Energía (UPME). (s.f.). *Invierta y gane con energía*. Obtenido de Invierta y gane con energía: https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf
- Nunez, C. (1 de Junio de 2023). *National Geographic*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-fosiles#:~:text=Cuando%20los%20combustibles%20f%C3%B3siles%20se,global%20y%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico>.
- ordecol. (s.f.). *ordecol*. Obtenido de ordecol: <https://ordecol.com/unidad-final-para-salas-de-ordeno/>
- Producir XXI. (s.f.). *Producir XXI*. Obtenido de Producir XXI: <https://producirxxi.com.ar/producirxxi/consumo-de-agua-y-energia-en-sistemas-de-ordeno-robotico/#:~:text=En%20t%C3%A9rminos%20generales%20el%20consumo,se%20restablezca%20de%20manera%20autom%C3%A1tica>.
- Rocio, L., & Jorge, G. (s.f.). *Electrónica Analógica*. Obtenido de Electrónica Analógica: https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/pluginfile.php/39495/mod_resource/content/2/anal%C3%B3gica.pdf
- Rodríguez, L. E. (07 de 08 de 2021). *Caracol*. Obtenido de Caracol: https://caracol.com.co/programa/2021/08/06/al_campo/1628285595_377863.html

- Sacho, A. P. (08 de Junio de 2023). *Isla Solar*. Obtenido de Isla Solar: <https://islasolar.com/blog/energia-solar-granjas-vacas/#:~:text=Usar%20energ%C3%ADa%20solar%20en%20las,ambiente%20y%20mantener%20la%20sostenibilidad.>
- solarbex. (s.f.). *solarbex*. Obtenido de solarbex: <https://solarbex.com/comprar/regulador-carga-mppt-250-85-victron-smartsolar/>
- Solcorchile. (s.f.). *Solcorchile*. Obtenido de Solcorchile: <https://solcorchile.com/on-grid-off-grid/#:~:text=Lo%20que%20principalmente%20diferencia%20a,d%C3%ADa%20y%20as%C3%AD%20poder%20utilizarla>
- Symaca. (s.f.). *Symaca*. Obtenido de Symaca: https://symaca.com.ve/catalogo2.php?id=284&id_cat=25
- Techno Sun. (s.f.). *Techno Sun*. Obtenido de Techno Sun: <https://www.technosun.com/es/blog/que-es-regulador-carga-panel-solar-como-elegir-adecuado/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20un%20regulador%20de%20carga%20de%20paneles%20solares&text=Su%20funci%C3%B3n%20es%20regular%20el,la%20vida%20%C3%BAtil%20de%20ellas.>
- Weather Spark. (s.f.). *Weather Spark*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/23322/Clima-promedio-en-Cajic%C3%A1-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- weizur. (s.f.). *weizur*. Obtenido de weizur: <https://www.weizur.com/producto/unidad-de-ordeno/>