

**REDISEÑO DEL PROCESO AGROINDUSTRIAL DE ORDEÑO PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA FINCA GABENO**

**TENJO-CUNDINAMARCA**

**CARLOS ALBERTO BEJARANO MARTÍNEZ**



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS  
BOGOTA D.C., MAYO DE 2013**

**REDISEÑO DEL PROCESO AGROINDUSTRIAL DE ORDEÑO PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA FINCA GABENO**

**TENJO-CUNDINAMARCA**

**CARLOS ALBERTO BEJARANO MARTÍNEZ**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**ASESORADO POR:**

**ING. LEONARDO QUINTANA**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**DEPARTAMENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS**

**BOGOTA D.C., MAYO DE 2013**

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES	11
2.1 Historia de la Empresa	11
2.2 Descripción de la Empresa	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1 Mejoramiento de Procesos	16
4.2 Productividad	17
4.2.1 Modelos de Productividad	17
4.2.2 Eficiencia y Eficacia	18
4.3 Buenas Prácticas en la Producción de Leche	19
4.4 La Huella hídrica y el Agua Virtual	21
4.5 Recurso hídrico en el Municipio de Tenjo	22
4.6 Sustancias contaminantes del Agua	22
4.7 Retos de los Productos Lácteos	22
4.8 Factores Humanos en Ganadería	22
4.9 Reba (Rapid Entire Body Assessment)	25
5. OBJETIVOS	28
5.1 Objetivo General	28
5.2 Objetivos Específicos	28
6. DIAGNÓSTICO	29
6.1 Descripción Procesos de la Finca Gabeno	29
6.1.1 Procesos estratégicos:	30
6.1.2 Procesos Clave	31
6.1.3 Procesos Soporte	34
6.2 Diagnóstico de los Procesos	34
6.2.1 Descripción del Proceso de Ordeño	37
6.3 Agua	43
6.3.1 Fenomenología del flujo Hídrico	43
6.3.2 Agua Virtual	44

6.3.3	Nivel de Productividad	47
6.4	Mano de Obra	48
6.4.1	Estudio de Tiempos	48
6.4.2	Evaluación Ergonómica	57
6.4.3	Análisis REBA (Rapid Entire Body Assessment)	64
6.5	Resultados del Diagnóstico	66
7.	DISEÑO EN INGENIERÍA	67
7.1	Identificación de Problemas	67
7.2	Ideas de solución	67
7.3	Desarrollo Conceptos	70
7.3.1	Requisitos y restricciones	70
7.3.2	Estructuración de las Alternativas	72
7.4	Desarrollo en Ingeniería	78
7.4.1	Simulación Recurso Agua	78
7.4.2	Simulación Recurso Mano de Obra	80
7.4.2.1	Factores Ergonómicos	80
7.4.2.2	Tiempos Operaciones	82
8.	REDISEÑO DEL PROCESO DE ORDEÑO	90
8.1	Descripción del rediseño del proceso	90
9.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA	98
10.	CONCLUSIONES	100
11.	RECOMENDACIONES	102
12.	BIBLIOGRAFÍA	103

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Herramientas empleadas en el rediseño de procesos- Fuente: (Mayorga, 2007)	17
Tabla 2: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida. Modelo REBA. Fuente: Ergonautas .....	27
Tabla 3: Criterios de evaluación de procesos seleccionados. Definidos por el autor .....	34
Tabla 4: Evaluación de los procesos que consumen recursos naturales no renovables y mano de obra. Fuente: Autor.....	35
Tabla 5: Ponderación de consumo de energía del proceso de ordeño respecto al total de la finca. Fuente: Autor.....	36
Tabla 6: Cantidad de agua evapotranspirada en la hidratación del ganado – Elaborado por el autor .....	46
Tabla 7: Agua virtual del alimento del ganado en la Finca Gabeno - Fuente: Gabeno .....	46
Tabla 8: Consumo actual Agua virtual en el Proceso de Ordeño – Elaborado por el autor	47
Tabla 9: Matriz de gestión del uso del recurso hídrico en el proceso de ordeño – Elaborado por el autor .....	47
Tabla 10: Categorías y Subcategorías, productivas e improductivas del operario del proceso de ordeño. ....	52
Tabla 11: Tiempos de la jornada para el diagnóstico – Información levantada en campo.	52
Tabla 12: Nivel de productividad recurso hombre jornada mañana - Información levantada en campo .....	53
Tabla 13: Nivel de Productividad recurso hombre jornada tarde - Información levantada en campo.....	55
Tabla 14: Causas atribuibles al nivel de improductividad mano de obra – Elaborado por el autor.....	56
Tabla 15: Elaborada por el autor con información del informe de Salud Ocupacional en la Agroindustria - Corpoica.....	57
Tabla 16: Niveles de evaluación de la escala de Borg.....	59
Tabla 17: Conclusiones del estudio de incomodidad – Elaborado por el autor.....	63
Tabla 18: Información preliminar para aplicar el REBA- Elaborado por el autor.....	64
Tabla 19: Nivel de riesgo identificado en las posturas evaluadas – Elaborado por el autor .....	65
Tabla 20: Tiempos de exposición de posturas evaluadas con el modelo REBA – Elaborado por el autor .....	65
Tabla 21: Criterios de calificación de alternativas de solución sobre las condiciones ergonómicas – Elaborado por el autor .....	68
Tabla 22: Criterios de calificación del efecto en los indicadores de productividad – Elaborado por el autor .....	68
Tabla 23: Criterio de incremento por el efecto de la alternativa j en el indicador i – Elaborado por el autor .....	69
Tabla 24: Criterios de preselección de las alternativas de solución- Elaborado por el autor .....	69

Tabla 25: Criterio de evaluación de las alternativas que conformas la propuesta de solución – Elaborado por el autor .....	69
Tabla 26: Alternativas que conforman la propuesta de solución – Elaborado por el autor	70
Tabla 27: Fase conceptual del Proceso de Diseño en Ingeniería – Elaborado por el autor .....	71
Tabla 28: Etapas de Tratamiento de Aguas Residuales – Elaborado por el autor .....	76
Tabla 29: Especificaciones de uso Motobomba Pedrollo Centrífuga 1/2 Hp – Elaborado por el autor.....	76
Tabla 30: Volumen de Consumo de Agua Nueva en la Categoría “Servicios” del Agua Virtual – Elaborado por el autor.....	78
Tabla 31: Consumo Agua Nueva en la categoría “Alimento” del Agua Virtual – Elaborado por el autor.....	79
Tabla 32: Consumo agua virtual de la propuesta de solución en el proceso de ordeño – Elaborado por el autor .....	79
Tabla 33: Información preliminar para el modelo REBA con la propuesta de solución – Elaborado por el autor .....	81
Tabla 34: Nivel de riesgo identificado en las posturas evaluadas con el modelo REBA – Elaborada por el autor .....	81
Tabla 35: Cambio en los suplementos por fatiga con la propuesta de solución - Elaborado por el autor.....	81
Tabla 36: Distancia y tiempo de transporte a cada potrero - Información levantada en trabajo de campo.....	84
Tabla 37: Información de parámetros del modelo de simulación – Información levantada en campo .....	86
Tabla 38: Actividades eliminadas con la propuesta de solución – Elaborado por el autor.	88
Tabla 39: Costos Estimados de la Propuesta de Solución.....	98
Tabla 40: Beneficios de la propuesta de solución en el consumo de agua- Elaborado por el autor .....	98
Tabla 41: Beneficios con la propuesta de solución en el proceso de ordeño - Elaborado por el autor.....	100

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1: Diagrama Organizacional de le finca Gabeno- Elaborado por el autor. ....	12
Ilustración 2: Tasa de improductividad laboral - Información levantada en campo .....	15
Ilustración 3: Molestias musculo-esqueléticas por sector. Fuente VI Encuesta Nacional de España sobre Condiciones de Trabajo. 2007.....	25
Ilustración 4: Flujo de obtención de puntuaciones en el método REBA - Fuente: Ergonautas .....	27
Ilustración 5: Mapa de Procesos Finca Gabeno – Elaborado por el autor.....	30

Ilustración 6: Diagrama de Flujo Proceso de “Gestión de Pedidos”– Elaborado por el autor .....	32
Ilustración 7: Diagrama de Flujo Proceso “Alistamiento de Pedido”- Elaborado por el autor .....	33
Ilustración 8: Proceso de Ordeño - Elaborado por el autor .....	37
Ilustración 9: Instalaciones de la sala de ordeño – Fuente: Autor .....	38
Ilustración 10: Alimento separado para cada vaca – Fuente: Autor.....	38
Ilustración 11: Distancia de los recorridos del operario – Información levantada en campo .....	39
Ilustración 12: Salida de las vacas de uno de los potreros hacia la sala de ordeño – Fuente: Autor.....	39
Ilustración 13: Tiempo Total de recorridos del operario - Información levantada en campo .....	40
Ilustración 14: Adecuación de la vaca en el brete – Fuente: Autor .....	40
Ilustración 15: Lavado de la ubre (izquierda) y secado de la ubre (derecha) – Fuente: Autor .....	41
Ilustración 16: Ordeño de la vaca – Fuente: Autor.....	41
Ilustración 17: Postura en el ordeño – Fuente: Autor .....	41
Ilustración 18: Vaciado del balde y registro del volumen – Fuente: Autor .....	42
Ilustración 19: Diagrama de flujo recurso hídrico proceso de ordeño - Elaborado por el autor.....	43
Ilustración 20: Consumo promedio de agua por destino de la categoría servicios, en el proceso de ordeño - Información levantada en campo .....	45
Ilustración 21: Destinos y cantidad de consumo de agua potable en el proceso de ordeño – Información levantada en campo.....	45
Ilustración 22: Diagrama de Pareto distribución del nivel de improductividad jornada mañana - Información levantada en campo .....	54
Ilustración 23: Diagrama Pareto distribución de las observaciones improductivas jornada tarde - Información levantada en campo .....	55
Ilustración 24: Árbol de fallas para Afectaciones musculo esqueléticas en el proceso de ordeño – Elaborado por el autor .....	58
Ilustración 25: Partes del cuerpo humano evaluadas con la escala de Borg .....	59
Ilustración 26: Percepción de Incomodidad (Antes y Después de la Rutina de Ordeño) utilizando la escala de Borg Jornada Mañana - Información levantada en campo.....	60
Ilustración 27: Percepción de Incomodidad (Antes y Después de la Rutina de Ordeño) utilizando la escala de Borg Jornada Tarde - Información levantada en campo.....	61
Ilustración 28: Percepción Incomodidad (después jornada tarde) - Información levantada en campo .....	62
Ilustración 29: Etapas Proceso de diseño en ingeniería – Elaborado por el autor con información de la Universidad Nacional de Buenos Aires .....	67
Ilustración 30: Puesto de ordeño a nivel comercial- Fuente Agrocerezo .....	72
Ilustración 31: Puesto de ordeño móvil – Elaborado por el autor en Google SketchUp .....	72
Ilustración 32: Dimensiones de la estiba – Elaborado por el autor .....	73

Ilustración 33: Dimensiones del puesto de ordeño móvil - Elaborado por el autor.....	74
Ilustración 34: Sistema de tracción animal para transporte de puesto de ordeño móvil – Elaborado por el autor .....	74
Ilustración 35: Sistema de tratamiento de efluentes – Elaborado por el autor con información de Rotoplast.....	75
Ilustración 36: Ejemplo de un potrero en la finca Gabeno – Elaborador por el autor.....	77
Ilustración 37: Relación de las alternativas de solución en los recursos de la investigación – Elaborado por el autor .....	78
Ilustración 38: Distancia total de recorrido actual y propuesta - Elaborado por el autor.....	87
Ilustración 39: Tiempo total de transporte actual y propuesta - Elaborado por el autor.....	87
Ilustración 40: Tiempo total de jornada actual y propuesta - Elaborado por el autor .....	88
Ilustración 41: Nivel de productividad mano de obra actual y propuesta - Elaborado por el autor.....	89
Ilustración 42: Rediseño del proceso de ordeño – Elaborado por el autor .....	90
Ilustración 43: Proceso de ordeño actual – Elaborado por el autor .....	90
Ilustración 44: Carreta con cantina, balde de ordeño y balde con comida - Elaborado por el autor.....	91
Ilustración 45: Distribución del área de espera del ganado con la propuesta - elaborado por el autor.....	91
Ilustración 46: Distancia de recorrido transporte 1 actual y propuesta - Elaborado por el autor.....	92
Ilustración 47: Adecuación de la carreta junto al puesto de ordeño móvil - Elaborado por el autor.....	92
Ilustración 48: Salida del ganado del subpotrero (izquierda) y adecuación del ganado en el subpotrero de espera (derecha) - Elaborado por el autor.....	93
Ilustración 49: Movimientos de la vaca para adecuar la cabeza en el brete - Elaborado por el autor .....	93
Ilustración 50: Accionamiento de la palanca que asegura el cuello de la vaca en el brete – Elaborador por el autor.....	94
Ilustración 51: Amarrado de patas actual (izquierda) y propuesto (derecha) – Elaborado por el autor.....	94
Ilustración 52: Lavado de ubre actual (izquierda) y propuesto (derecha) – Elaborado por el autor.....	95
Ilustración 53: Secado de ubre actual (izquierda) y propuesto (derecha) – Elaborado por el autor.....	95
Ilustración 54: Ordeño de ubre actual (izquierda) y propuesto (derecha) – Elaborado por el autor.....	96
Ilustración 55: Apertura del brete para dar salida a la vaca .....	96



# 1. INTRODUCCIÓN

El Gobierno mantiene un alto interés en mejorar el nivel de desarrollo del sector agropecuario, para alcanzar estándares de competencia internacional. En aras de lograr este cometido, estructuró el documento CONPES 3582 de 2010 en el cual planteó: “...se requiere que necesariamente la academia se vincule al sector agropecuario e identifique posibles focos de desarrollo y necesidades latentes con el fin de generar proyectos de investigación que tengan como prioridad unos puntos<sup>1</sup> en áreas claves como Ganadería, Siembra, Cosecha, sistemas de Riego y Compostaje, entre otros muchos”.

Complementariamente la Universidad Sergio Arboleda desarrolló un estudio titulado: “Rol de la Ingeniería Industrial en el desarrollo agroindustrial en Colombia”<sup>2</sup>, el cual hace alusión a los puntos claves enunciados por el CONPES. El estudio menciona que: “el Ingeniero Industrial deberá jugar un papel importante en la transformación de los procesos tradicionales e ineficientes, que se han transmitido de generación en generación a los campesinos, para implementar tecnologías y metodologías apropiadas que contribuyan a incrementar los rendimientos y la eficiencia del uso de las áreas disponibles”.

De acuerdo a ésta necesidad específica de vincular a la Ingeniería Industrial en el sector agroindustrial, se desarrolló la presente investigación, tomando de referencia una empresa cuya actividad económica está vinculada a éste sector, enmarcada en producción a pequeña escala y caracterizada dentro del concepto del minifundio. La empresa se denomina “Finca Gabeno” y tiene una antigüedad de más de 20 años con amplia experiencia en el mercado de productos orgánicos: hortofrutícolas, procesados, lácteos y sus derivados, los cuales han sido desarrollados mediante procesos implementados por la administración de la finca.

La actual planeación estratégica de la finca está direccionada por la filosofía Biodinámica y Agroecología, las cuales llevan implícita la sostenibilidad y el equilibrio del uso de los recursos naturales. Esto ha llevado a que su infraestructura operativa esté enfocada al uso responsable y consiente de los recursos en todos los procesos que la constituyen. Dentro de este campo se encuentran específicamente los procesos de: investigación y desarrollo, cosecha, poscosecha, ordeño, procesamiento, almacenamiento, siembra, plantulación, manejo de animales y mantenimiento de huertas y potreros.

En la ejecución de estos procesos, se requiere de recursos naturales no renovables como: suelo (tierra), agua, aire, flora y fauna. De estos recursos, en la línea de productos hortofrutícolas si se cumple el objetivo planteado en la planeación estratégica; donde por ejemplo, se trabaja energéticamente las necesidades del suelo, la calidad del aire y el equilibrio entre especies de flora y fauna.

En relación a la línea de productos lácteos y sus derivados, no hay coherencia con la sostenibilidad y el equilibrio en cuanto al uso de los recursos naturales, debido a que existe una elevada contaminación del recurso hídrico en el proceso de ordeño por los

---

<sup>1</sup> Entre estos puntos se encuentra: mayor eficiencia en el uso de extensiones de terreno, desarrollar sistema agrícolas auto-sostenibles que posean eficiencia ambiental, apropiación de tecnología para incrementar la eficiencia en el uso de recursos propios de las fincas como puede ser el Agua, Mano de Obra, Electricidad, Insumos, entre otros.

<sup>2</sup> Universidad Sergio Arboleda. (2010). Página Institucional. Recuperado el 12 de 07 de 2012, de [http://ingenierias.usergioarboleda.edu.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=160:rol-de-la-ingenier%C3%ADa-industrial-en-el-desarrollo-agroindustrial-de-colombia&Itemid=235](http://ingenierias.usergioarboleda.edu.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=160:rol-de-la-ingenier%C3%ADa-industrial-en-el-desarrollo-agroindustrial-de-colombia&Itemid=235).

altos contenidos de carga orgánica depositados en el espacio físico donde se desarrolla éste proceso, los que al ser evacuados (limpieza con agua), se vierten al flujo hídrico de la finca y en últimas a las efluentes de la zona de influencia. Este fenómeno se hace más crítico por la localización geográfica de la Finca Gabeno, ubicada en el municipio de Tenjo-Cundinamarca, el cual tiene una reducida capacidad de acuíferos y un balance hídrico subterráneo afectado por la creciente demanda de la población y de las actividades productivas que requieren de este recurso<sup>3</sup>.

Por todo lo anterior, en Gabeno la productividad medida en el uso racional del recurso hídrico, se está viendo afectada porque en el proceso de ordeño se utiliza, se contamina, y se desecha el agua, desconociendo la filosofía de la sostenibilidad y del equilibrio en el uso de los recursos no renovables.

Retomando la filosofía agroecológica que diferencia el objeto de negocio de la Finca Gabeno respecto a los cultivos convencionales, hay mayores requerimientos de mano de obra, lo cual implica rediseños en los procesos existentes o incluso implementación de nuevas metodologías, de forma tal que se mejoren las condiciones en el puesto de trabajo.

Dado que la información concerniente al uso de estos recursos (agua y mano de obra) en la Finca Gabeno no estaba cuantificada, se procedió inicialmente a realizar un diagnóstico que permitiera determinar cuantitativamente la productividad de su uso en el proceso específico de ordeño a través de unos indicadores de gestión. A partir de ésta medición, se determinaron las causas atribuibles a los factores que afectaban la productividad en el uso de los recursos agua y mano de obra. Con base en los problemas detectados, se procedió a diseñar una propuesta de solución que mejorara los indicadores de productividad propuestos.

La propuesta de solución implicó realizar una simulación para evidenciar la viabilidad técnica, para el recurso agua se acudió a referentes científicos y para el recurso mano de obra, se evaluó la propuesta de mejora desde el punto de vista ergonómico y luego desde la perspectiva de métodos y tiempos.

Concretando los resultados de la simulación, se desarrolló el rediseño del proceso de ordeño, explicando los cambios entre la situación actual y la propuesta.

Finalmente se realizó la evaluación económica, determinando la relación beneficio-costeo de la propuesta de solución.

---

<sup>3</sup> Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2009). *Plan de Manejo Ambiental de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona Crítica*.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Historia de la Empresa

Gabeno fue fundada hace 20 años por un alemán, quien estuvo profundamente interesado en la filosofía de Rudolf Steiner's<sup>4</sup>; a saber: Biodinámica. Esta filosofía considera que *“la finca es un organismo constituido por diferentes órganos situados en el campo de polaridad entre lo terrestre y lo cósmico, los cuales deben convivir en equilibrio”*<sup>5</sup>.

El objetivo del fundador fue crear un lugar donde la Biodinámica pudiera ser explorada y a su vez se mantuviera como un proyecto auto sostenible.

A lo largo de su trayectoria en el mercado, se ha convertido en una de las agremiaciones más destacadas en productos orgánicos. Esta distinción es producto de una continua investigación en los cultivos, control de plagas y desarrollo de bioinsumos.

### 2.2 Descripción de la Empresa

La finca está localizada a 40 minutos de Bogotá, a 3 km de la vía Siberia -Tenjo. El clima en esta región permite mantener durante todo el año, la producción de una amplia variedad de vegetales.

Con base en esto se ha mantenido un portafolio de productos propicio para satisfacer la demanda de 20 clientes en Bogotá, 10 en la provincia (municipios aledaños) y el potencial “Bio Plaza” también en Bogotá. Para ver el portafolio de productos, por favor dirigirse al [Anexo 1: Portafolio de Productos Finca Gabeno.](#)

Gabeno cuenta con un equipo de trabajo comprometido con los principios de la filosofía Biodinámica, pertenece a la red global: [www.WWOOF.org](http://www.WWOOF.org); en la cual están registrada fincas orgánicas a nivel mundial, en las cuales existe el voluntariado a cambio de trabajo en campo.

La extensión del área global es de 6,44 Ha, parcelada en 7 lotes que conforman el área destinada a la producción de la línea hortofrutpícola y 19 potreros distribuidos alrededor del cultivo ayudando a mantener el control alelopático<sup>6</sup> de la huerta.

En los 19 potreros circundantes de la finca, pastan 5 cabezas de ganado. La técnica de pastoreo utilizada por Gabeno es rotación intensiva, y se explica como: “Planeación de asignación del ganado a un determinado potrero, cuando el ganado cumple cierto tiempo de permanencia en ese potrero se pasa a otro”<sup>7</sup>. La rotación del ganado depende del estado de las praderas, sin embargo durante la época de lluvias se pastorean cada 30 a 40 días y en épocas de sequía cada 10 a 20 días<sup>8</sup>.

---

<sup>4</sup> “Austriaco creador de la agricultura biológico-dinámica, considerada la escuela de agricultura alternativa más antigua”. (Campesinos, Fundación Hogares Juveniles, 2004).

<sup>5</sup> Ibid.

<sup>6</sup> La Alelopatía, también llamada “Control Biológico”, es la ciencia que estudia las relaciones entre plantas afines y las plantas que se rechazan utilizando sus ferohormonas, para evitar el ataque de las diferentes plagas y enfermedades a las que pueden ser susceptibles (Méndez, 2008).

<sup>7</sup> Cardona, H. J. (2005). *Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín*. Recuperado el 20 de 07 de 2012, de <http://www.agro.unalmed.edu.co/departamentos/panimal/docs/BPPL3.pdf>

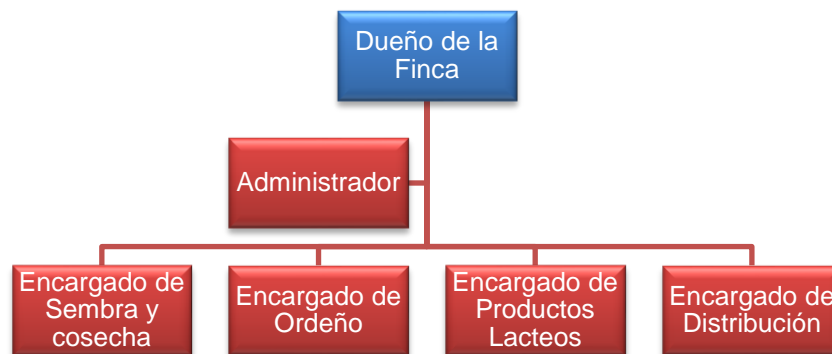
<sup>8</sup> Corpoica. (2005). *Corpoica*. Recuperado el 19 de 07 de 2012, de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/CAPITULOCUATRO.pdf>

En Gabeno la rotación se realiza cada 8 días y durante la permanencia, se va corriendo la cerca eléctrica a medida que el ganado consume la oferta forrajera. La distancia de traslado de la cerca está en función del estado de las praderas y del clima, por lo cual una medida estándar, pero la experiencia les ha permitido un promedio 5 metros por día.

El proceso de rotación del ganado a nivel agroindustrial contribuye a mantener la estabilidad de los suelos, dado que el peso del animal afecta el crecimiento, fortalecimiento y las características físico-químicas de las praderas. Además mantiene un balance en la alimentación del ganado<sup>9</sup>. Por otro lado la actividad es necesaria para cumplir con la filosofía de procesos biodinámicos.

En los 20 años de experiencia, Gabeno ha tecnificado los procesos relacionados con los productos hortofrutícolas, reflejado por el posicionamiento en el mercado, siendo el proveedor mayoritario de BioPlaza<sup>10</sup>.

La estructura orgánica de la finca se ilustra a continuación



**Ilustración 1: Diagrama Organizacional de la finca Gabeno- Elaborado por el autor.**

En el diseño de la estructura administrativa de la finca y dado su nivel de producción en pequeña escala, a quienes desempeñan los roles de operación en la finca se les denominan “Encargados” y en total son 6, distribuidos en: 3 Encargados de Siembra y Cosecha, 1 Encargado de Ordeño, 1 Encargado de Productos Lácteos y 1 encargado de la distribución de los productos. Al coordinador de este personal se le llama “Administrador”.

---

<sup>9</sup> ICA. (2011). Las Buenas Prácticas Ganaderas en la Producción de Leche. Bogotá D.C., Colombia.

<sup>10</sup> Hoy vende entre 50 y 70 platos diarios y cuenta con dos menús diferentes. “Cuenta con una amplia oferta de verduras, lácteos y cafés, entre otros alimentos ecológicos” (Catering, 2011). “Además contamos con abastecimientos de nuestra finca propia Gabeno (agricultura Biodinámica), para garantizar a nuestros clientes calidad desde el cultivo” [www.bioplaza.org](http://www.bioplaza.org).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un estudio realizado sobre el consumo de agua en hatos lecheros, específicamente en la higienización de las instalaciones de la sala de ordeño, se ha detectado que el consumo del recurso hídrico se puede reducir de 10.385L/día a 1.090L/día<sup>11</sup>

El estudio fue desarrollado por Instituto Tecnológico de Costa Rica, Coopelecheros, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas y Dos Pinos, en 5 fincas de productores de leche, demostrando que se puede obtener leche de óptima calidad, implementando modelos de limpieza en salas de ordeño y corrales de espera, reduciendo entre un 80% y 90%, el uso del agua necesarios en los procesos estándar. El estudio profundizó en el uso irracional del recurso hídrico, encontrando que los productores evaluados gastaban 10.387 litros de agua/día, en las actividades de limpieza de corrales y la sala de ordeño. El hato promedio que ordeñaban en las fincas fue de 48.6 animales, y el promedio de estiércol que se removía fue de 400 L/día.

Comparando el consumo promedio del estudio (11,122L/VO/día) con el de Gabeno (21,11L/VO/día<sup>12</sup>), se demuestra que existe un desperdicio de este recurso en la finca.

Por otro lado, un estudio realizado sobre “*la cuantificación y caracterización de agua en establecimientos lecheros*”<sup>13</sup>, demostró que manejando eficientemente el recurso hídrico sin implementación de tecnología avanzada, el consumo promedio para el lavado de la sala de ordeño es de “5,59L/VO/día con una desviación estándar de 1,77L/VO/día”. Al igual que en el comparativo anterior, el promedio de la finca Gabeno (21,11L/VO/día) es superior a este, lo cual demuestra la necesidad de atacar el desperdicio de este recurso. El estudio fue desarrollado por Nosetti, L.<sup>14</sup>; Herrero, M.A.<sup>15</sup>; Pol, M.<sup>13</sup>; Maldonado May, V.<sup>13</sup>; Iramain, M.S.<sup>13</sup>; Flores, M<sup>16</sup>.

Tomando de referencia las facturas de consumo de agua en los últimos 8 meses (Octubre de 2011 a Junio de 2012) de Gabeno y del prorrateo del destino “Ganadería” según información suministrada por la administración de la finca, la actividad ganadera consume el 20% del total, equivalente a 6.400L/mes. De este consumo, el 52% según el operario encargado, se emplea en la actividad de lavado que hace parte del “proceso de ordeño” y este consumo equivale a 21,11L/VO/día. Lo anterior generó profunda inquietud por diseñar alguna estrategia que contribuyera a reducir el consumo de agua en el destino “Ganadería”.

Se especifica que dentro del campo “Ganadería” se encuentran los siguientes procesos: ordeño, procesamiento de derivados, almacenamiento de producto, siembra y cosecha de alimento del ganado, mantenimiento de potreros y manejo del ganado. Dentro de estos procesos intervienen otros recursos diferentes al agua, a saber: alimento, ganado, luz, terreno, pasto, infraestructura, mano de obra e insumos veterinarios y de limpieza.

---

<sup>11</sup> Madrigal, W. P. (2005). Limpieza de la sala de ordeño y corrales de espera en lecherías, con uso racional del agua. Alajuela, Costa Rica: Tecnología en Marcha.

<sup>12</sup> VO = Vaca en ordeño.

<sup>13</sup> Resumen presentado en el XIX Congreso Nacional del Agua – Argentina – Proyecto UBACyT V003.

<sup>14</sup> Becario del Programa UBACyT - Secretaria de CyT de la Universidad de Buenos Aires.

<sup>15</sup> Departamento de Producción Animal.

<sup>16</sup> Departamento de Salud Pública – Facultad de Cs. Veterinarias.

El agente integrador de estos recursos es el operario, y en consecuencia se hace necesario una revisión a su intervención dentro del proceso específico de ordeño, actividad que demanda mayor carga de trabajo en el campo de “Ganadería”. Acotando que la finca en estudio, desarrolla su actividad a pequeña escala, el recurso humano contratado se caracteriza por mano de obra no calificada y utilizan metodologías muy rudimentarias. Esta caracterización permite inferir en principio un bajo nivel de productividad laboral.

Entendiendo por productividad laboral “*la cantidad de tiempo invertido en elaborar la unidad de producción o por la cantidad de producción fabricada en la unidad de tiempo*”. “*Elevar la productividad del trabajo significa economizar trabajo vivo y trabajo social, o sea, reducir el tiempo socialmente necesario para producir la unidad de mercancía, rebajar su valor*”<sup>17</sup>.

“En muchas estadísticas la productividad se mide como “valor agregado”, es decir la cantidad de producción total, menos ciertos recursos empleados para producir como: producción en proceso, materias primas, energía, servicios externos comprados, y otros recursos de entrada”<sup>18</sup>.

Con base en estas definiciones de productividad laboral, se realizó un diagnóstico preliminar en Gabeno al proceso de ordeño, encontrando que este proceso tiene una duración promedio de 2,5hr y de este, la actividad del transporte<sup>19</sup> representa en promedio el 26% del tiempo (39,67min/jornada), porcentaje que en principio denota improductividad en el operario por ser ésta una actividad que no genera valor agregado al producto final.

Por la distribución de la finca, el tiempo destinado al transporte presenta una variabilidad del 24%<sup>20</sup>, a causa de la distancia asimétrica que existe desde la sala de ordeño hasta los 19 potreros. Por ejemplo, los potreros que demandan mayor tiempo de transporte son: el 6, 7, 8, 11, 12 y 19, con un tiempo promedio de recorrido de 51,36min/jornada y una tasa de improductividad<sup>21</sup> promedio del 34%; mientras que otros como el 1, 10, 15 y 16, tienen una tasa de improductividad promedio del 23,01% (equivalente a 34,52 min/jornada).

Para visualizar lo anteriormente planteado, a continuación se presenta gráficamente el tiempo de transporte por potrero y la tasa de improductividad derivada de esta actividad (transporte).

---

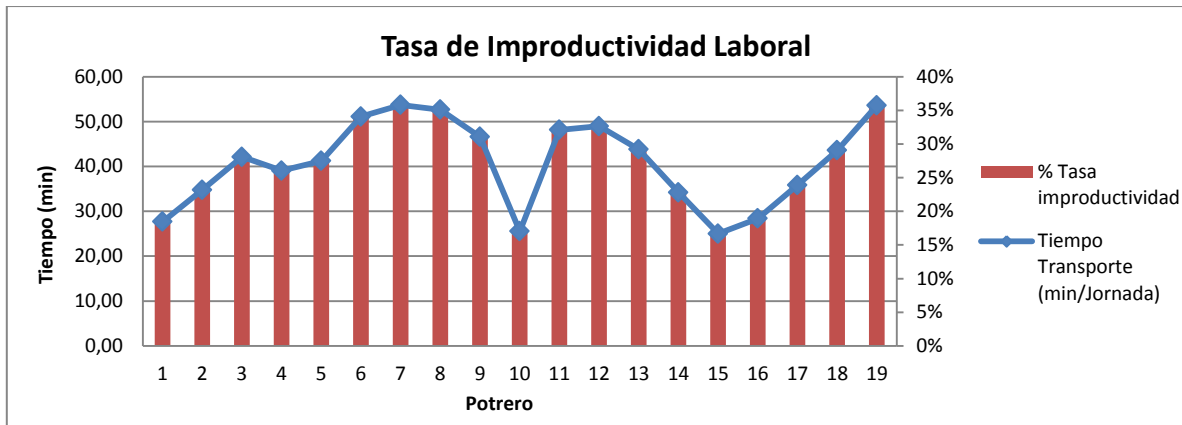
<sup>17</sup> Observatorio CEPAL. (2010). Estadísticas de Productividad en América Latina y el Caribe. Recuperado el 10/05/2013, de <http://observatorioredesempresariales.files.wordpress.com/2010/08/estadisticas-de-productividad-en-america-latina-y-el-caribe>.

<sup>18</sup> CEPAL. (2007). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2006 -2007*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

<sup>19</sup> Hace referencia al total de transportes que realiza el operario en el proceso de ordeño.

<sup>20</sup> Medida con el Coeficiente de Variación.

<sup>21</sup> Medida por: (Tiempo de transportes)/(Tiempo total jornada)



**Ilustración 2: Tasa de improductividad laboral - Información levantada en campo**

El tiempo de trasporte además de contribuir a la improductividad del proceso de ordeño, también genera en el operario cansancio físico, debido a la distancia que debe recorrer y al estado de los pastos por los cuales transita.

Retomando el proceso de ordeño y dado el rol que desempeña el operario en el mismo, se observó que en la actividad física por las características rudimentarias del equipo de trabajo disponible, asume posiciones inapropiadas que le afectan: tronco, rodillas, cuello y espalda parte inferior, generándole un grado de incomodidad en las partes mencionadas (según lo manifestó directamente el operario).

Sintetizando toda la problemática descrita en la presente investigación surge una inquietud a la cual se quiere dar respuesta:

¿Cómo reducir el impacto en la productividad, en el uso de los recursos (agua, tiempo y distancia de los recorridos) involucrados en el proceso de ordeño por parte de la Finca Gabeno y a su vez propiciar bienestar ergonómico para el trabajador?

## 4. MARCO TEÓRICO

Por la orientación de la presente investigación, se plantean referentes teóricos sobre temas inherentes a: rediseño de procesos, productividad, eficiencia, eficacia, buenas prácticas en la producción lechera, agua virtual y huella hídrica, abastecimiento del flujo hídrico en el municipio en el que se encuentra la Finca Gabeno, sustancias contaminantes del recurso hídrico, retos de los productos lácteos, contextualización de los factores humanos en ganadería y un modelo de evaluación del riesgo de afectaciones musculoesqueléticas.

### 4.1 Mejoramiento de Procesos

Sobre el mejoramiento de procesos se ha planteado que es una *“práctica necesaria para responder a los continuos cambios en las condiciones del negocio, y que apunta a unos objetivos generales: la mejora de la calidad, la reducción de los costos y la disminución del tiempo de procesamiento y aumento de la flexibilidad”*<sup>22</sup>.

A partir del desarrollo de metodologías preliminares como el ciclo de mejoramiento PHVA, la cadena de valor de Porter y modelos de mejoramiento continuo como ISO 9000, seis sigma y Business Process Management (BPM), se dio origen a las metodologías de mejoramiento de procesos<sup>23</sup> que se explican a continuación:

- **Reingeniería:** Método mediante el cual, en función de las necesidades del cliente, se rediseñan radicalmente los procesos principales de negocios, de principio a fin, con el objetivo de alcanzar mejoras en medidas críticas de desempeño.
- **Mejoramiento continuo de procesos:** Se refiere a cambios menores, específicos y continuos en los procesos.
- **Rediseño de procesos:** Es la metodología que tiene el rango más amplio de aplicación dado que su enfoque es la innovación en los productos, procesos o servicios.

Dentro de este campo de mejora de procesos se evidencian dos enfoques: uno es un “rediseño general” de procesos en el cual se analiza el proceso productivo, es decir, las operaciones para la elaboración de los productos, y por otro lado el “rediseño focalizado” para lo cual se identifica el centro de trabajo crítico, se analiza su carga de trabajo y se definen alternativas de mejora.

El objetivo del análisis y rediseño de procesos es *“asegurar que sean eficaces (lo que tiene que ver con sus resultados en términos de tiempos de respuesta y calidad) y eficientes (lo que tiene que ver con el uso de los recursos)”*<sup>24</sup>. Para lograrlo se pueden usar varias herramientas como se especifica en el cuadro a continuación:

---

<sup>22</sup> Chan, K. K., & Spedding, T. A. (2003). An integrated multidimensional process improvement methodology for manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*.

<sup>23</sup> Mayorga, S. A. (12 de Julio de 2007). Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos. Bogotá: Universidad EAFIT

<sup>24</sup> Lo planteó la metodología Value Stream Mapping.



Propósito	Herramientas
Entendimiento del problema	Diagramas de Pareto Diagramas de causa efecto Diagramas de causa raíz Estudio de cargas Control estadístico del proceso
Análisis y mejoramiento del proceso	Ingeniería de métodos Análisis de valor agregado Análisis del flujo del proceso Análisis del soporte tecnológico Mejores prácticas

Fuente: El autor, basado en Andersen (1999)

**Tabla 1: Herramientas empleadas en el rediseño de procesos- Fuente: (Mayorga, 2007)**

## 4.2 Productividad

“La productividad es la razón de la producción a los insumos”<sup>25</sup>, es decir es el grado de aprovechamiento de los factores de producción.

Las empresas tienden a definir sus propias medidas adecuándolas al uso que pretenden darles y a la naturaleza de sus negocios<sup>26</sup>. La productividad se mide se puede medir en función de horas de trabajo por unidad de producción; por el capital (dinero invertido); y por los materiales e insumos. Matemáticamente se expresa así:

$$Productividad = \frac{Unidades\ Producidas\ (outputs)}{Cantidad\ de\ factores\ productivos\ empleados\ (inputs)}$$

A mayor producción con los mismos factores, se logra una mayor productividad; igualmente si se utilizan menor cantidad de factores productivos en función de la misma producción, también se incrementa la productividad.

### 4.2.1 Modelos de Productividad

La Escuela de Ingenierías de la Universidad Sergio Arboleda plantea tres modelos de medición de la productividad, a saber<sup>27</sup>:

- **Productividad Parcial:** Es la relación entre la producción y el costo de uno de los factores de producción (por ejemplo: la mano de obra o las materias primas utilizadas). El factor más utilizado es el trabajo y como unidad de medida se suele tomar el número de horas trabajadas o el número de trabajadores.
- **Productividad Total:** La productividad depende de factores como: la cantidad y el nivel técnico de los equipos, la calidad y la disponibilidad de materias primas, el volumen de las operaciones, la motivación y las actitudes de los empleados, el flujo de trabajo en la organización o las habilidades directivas. Si algunos factores tienen un mayor impacto que otros en la productividad, pueden ponderarse de manera diferente. Se divide la producción obtenida entre el total de la sumatoria del costo de cada factor de producción.

<sup>25</sup> Richard B.Chase, F. R. (2005). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. México D.F: McGraw - Hill.

<sup>26</sup> Fernández, E., Avella, L., & Fernández, M. (2004). *Estrategia de Producción*. Madrid: McGraw – Hill.

<sup>27</sup> Escuela de Ingenierías Universidad Sergio Arboleda. (2010). *Conceptos de Productividad*.

Recuperado el 22 de 01 de 2012, de

[http://ingenierias.usergioarboleda.edu.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=151%3Aconceptos-de-productividad](http://ingenierias.usergioarboleda.edu.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=151%3Aconceptos-de-productividad).

- **Productividad de Valor Agregado:** Es la relación entre el valor agregado (ventas menos compras) y el costo total de los factores de producción.

Estos indicadores de productividad arrojan unos datos cuantitativos pero en principio no permiten determinar la calidad de los factores (tangibles e intangibles) que la componen y tampoco su incidencia en el nivel de la productividad.

Entre los factores tangibles se relacionan: materias primas, mano de obra y capital de inversión (maquinaria y equipo). Entre los intangibles están: el conocimiento, las habilidades humanas, la información y la gestión empresarial, los cuales generalmente no son tenidos en cuenta en la formulación de un modelo integral de optimización de la productividad.

El incremento de la productividad está en función de tres variables<sup>28</sup>:

- **Trabajo:** “La mejora de la contribución del trabajo a la productividad es consecuencia de tener un personal laboral más sano, más formado y mejor alimentado. Dicha mejora se da cuando existe mano de obra eficaz a través de formación básica adecuada, se tiene conocimiento de la dieta de la mano de obra y se ofrece una infraestructura social que hace posible el acceso al trabajo”.
- **Capital:** “El destino de las inversiones, proporcionan las herramientas que los seres humanos necesitan para desarrollar las operaciones en un proceso. Cuando disminuye el capital invertido por empleado, se puede esperar una caída en la productividad. La inversión en capital suele ser un requisito necesario, pero rara vez suficiente, en el interés de aumentar la productividad”.
- **Gestión:** “Es un factor de producción y un recurso económico. Es la responsable de asegurar que el trabajo y el capital se utilizan eficazmente para incrementar la productividad. Comprende las mejoras producidas por la utilización del conocimiento y la aplicación de la tecnología.  
La sociedad actual, también llamada; la sociedad de la información, es aquella en la mayor parte del capital humano ha pasado del trabajo manual a realizar tareas técnicas y de tratamiento de la información, que requieren una formación continua”.

#### 4.2.2 Eficiencia y Eficacia

La eficiencia y la eficacia forman parte integral de la productividad y suelen referirse a los factores de producción. A menor uso de factores en la producción se obtiene una mayor productividad.

*“El término eficiencia se utiliza para medir la pérdida o la ganancia en un proceso”<sup>29</sup>. La finalidad de aplicar este indicador es optimizar el uso de los recursos.*

Por otra parte la eficacia como determinante de la productividad, representa el *“grado en que se logran los objetivos y metas de un plan, es decir, cuánto de los resultados esperados se alcanzó”<sup>30</sup>* y se expresa matemáticamente:

---

<sup>28</sup> Heizer, J. y. (2007). *Dirección de la producción de operaciones - Decisiones estratégicas*. Madrid: Pearson.

<sup>29</sup> Richard B.Chase, F. R. (2005). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. México D.F: McGraw – Hill.

$$Eficacia = \frac{Resultado\ Alcanzado}{Resultado\ Esperado}$$

### **4.3 Buenas Prácticas en la Producción de Leche**

*“Es un sistema de aseguramiento de calidad e inocuidad en la producción primaria, cuyo propósito es obtener alimentos sanos e inocuos en las fincas”<sup>31</sup>*

Por “producción primaria” se entiende: salud de los animales, tratamientos con medicamentos veterinarios, alimentación, higiene en el ordeño, almacenamiento y conservación de la leche en la finca, entre otros.

El concepto de “alimento inocuo” hace referencia al no riesgo para la salud humana, es decir, un alimento que no contiene agentes físicos, químicos o biológicos que puedan causar daño a la salud de los consumidores.

A continuación se mencionan los principales aspectos técnicos que requiere la certificación de las Buenas Prácticas Ganaderas, aunque el fin de este proyecto no sea la certificación del proceso, es indispensable conocer los lineamientos básicos que exigen las entidades para la comercialización de la leche. Una vez se cumplan los requisitos y condiciones esto conduce al establecimiento de un sistema de producción que garantiza el mejoramiento de la calidad e inocuidad de la leche y a su vez permite la obtención de la certificación otorgada por el ICA.

- **Registro de Predios**

En esta actividad, entre los principales objetivos se encuentra: la erradicación de enfermedades de declaración obligatoria como Brucelosis, Tuberculosis y Fiebre Aftosa, las cuales han sido catalogadas como riesgo para el consumo o una grave limitación en la comercialización de la leche y sus productos derivados.

- **Sanidad Animal y bioseguridad**

Los hatos deben contar con programas sanitarios con énfasis en medicina preventiva y en las exigencias previstas por el ICA en relación a las enfermedades anteriormente mencionadas y las de mayor incidencia en la finca: mastitis bovina, infestaciones parásitas o infecciones gastrointestinales y respiratorias en las terneras.

- **Registro, documentación y trazabilidad**

Esta actividad hace referencia al historial de todos los eventos ocurridos, facilitando el diseño de metodologías para el mejoramiento de la sanidad, inocuidad y producción de la finca.

- **Bienestar Animal**

El agua y la comida que se les suministra debe ser de calidad. La calidad del agua se determina por análisis en laboratorios especializados. El alimento por otra parte debe suministrarse en condiciones higiénicas y en cantidades acordes con la etapa reproductiva del animal.

---

<sup>30</sup> Documentos Planning. (1999). *Indicadores de Efectividad y Eficacia*. Recuperado el 07 de 03 de 2012, de <http://www.planning.com.co/bd/archivos/Octubre1998.pdf>

<sup>31</sup> ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2011). *Las Buenas Prácticas Ganaderas en la Producción de Leche*. Bogotá D.C., Colombia.

Es necesario que los equipos utilizados en la alimentación sean fabricados con materiales que faciliten su limpieza y que no generen residuos ni reacciones químicas al contacto con el alimento.

Las instalaciones destinadas para el manejo animal (mangas, bretes, básculas y otro tipo de construcciones) deben ser cómodas y seguras para los animales y estar construidas de tal manera que no se lesionen o maltraten. Además, deben permitir una operación eficiente y segura por parte de los operarios.

- **Personal**

Los operarios directos deben contar con la dotación que garantice la bioseguridad y salud ocupacional. Además deben gozar de capacitación en temas alusivos a: prevención de enfermedades, sanidad y manejo animal, bioseguridad, correcto manejo de insumos agropecuarios, rutina de ordeño, bienestar animal, prácticas higiénicas en la manipulación y conservación de la leche, limpieza personal y riesgos ocupacionales.

- **Producción de la leche: Buenas Prácticas de Ordeño, Almacenamiento, Conservación y Protección de la leche**

Para llevar a cabo la rutina de ordeño la finca debe contar con dos espacios adecuados: la zona de espera y el sitio de ordeño. El primero debe ubicarse en un lugar nivelado y seco, provisto de un adecuado drenaje. El ordeño debe realizarse en un sitio apropiado, destinado exclusivamente para ese fin y cubierto con un techo. El ordeño puede ser manual o mecánico, fijo o en potrero.

Los pisos de la sala de ordeño deben permanecer en buen estado, estar diseñados de tal manera que permita el flujo de líquidos y hechos con materiales que faciliten esta función y su respectiva limpieza. Cuando el ordeño se lleve a cabo en potrero, debe contar con un techo y estar sobre un suelo que no sea lodoso. Para evitar el acumulamiento de líquidos si el suelo no tiene la propiedad de drenaje por la compactación del peso del animal, es necesario que el punto de ordeño se rote, de tal manera que se garanticen dichas condiciones.

- **Rutina de Ordeño**

Las Buenas Prácticas de Ordeño hacen referencia a condiciones sobre la sanidad de la ubre y la cola, para obtener y conservar un producto inocuo y de buena calidad.

En la operación de lavado de ubres, estas no se deben mojar en su totalidad, evitando así que el agua que escurre no contamine la leche ordeñada. *“Los pezones se lavan con agua limpia y se secan con toallas desechables o papel periódico, utilizando un pedazo de papel por pezón”<sup>32</sup>.*

Previa a la operación de ordeño, se debe realizar “el despunte”: donde se extraen los tres primeros chorros de leche de cada pezón en un recipiente de fondo oscuro (nunca en el suelo) y se verifica que la leche tenga apariencia normal. La leche del despunte se debe desechar.

La leche debe ser recibida y almacenada en recipientes de aluminio o de acero inoxidable, nunca en baldes plásticos ya que estos sueltan sustancias que pueden contaminar la leche.

---

<sup>32</sup> Ministerio de la Protección Social. (28 de Febrero de 2006). Decreto número 616 de 2006. Bogotá, Colombia.

Después del ordeño la leche debe almacenarse lo más pronto posible a una “temperatura que oscile entre los 2° C y los 4°C”, conservándose así hasta su despacho. Todas las superficies de contacto directo con la leche deben contar con un acabado liso, no poroso ni absorbente, y estar libres de defectos, grietas u otras irregularidades que puedan atrapar partículas de alimentos o microorganismos que afecten la inocuidad de la leche.

#### 4.4 La Huella hídrica y el Agua Virtual

En la presente investigación adicional a la productividad, también se tuvo en cuenta el recurso hídrico, por lo cual se precisan algunos conceptos inherentes al mencionado recurso.

La productividad en el uso del recurso hídrico, se mide por los indicadores de “huella hídrica” y “agua virtual”. El creador del concepto “huella hídrica” fue el catedrático Arjen Y. Hoekstra, quien determinó los factores que intervienen en el flujo del recurso hídrico tanto en los sistemas productivos como en actividades individuales y sociales.

La huella hídrica la definió como: el total de agua usada para producir los bienes y servicios consumidos por una persona, grupo o país. La ecuación de medición formulada por el autor es<sup>33</sup>:

$$\text{Huella Hídrica} = UH + IAV - EAV$$

Donde;

$$UH = \text{Uso del Recurso Hídrico}$$

$$IAV = \text{Importación de Agua Virtual}$$

$$EAV = \text{Exportación de Agua Virtual}$$

Hoekstra fue el primero en determinar los factores que componen la huella hídrica específicamente en la ganadería. Concluyó que en el uso del agua en ganadería (UH) existen dos tipos de consumo diferentes: uno directo, a través de los consumos tanto del agua del animal como el utilizado en los servicios relacionados con el manejo de su explotación; otro de forma indirecta, a través del consumo de alimentos.

El UH se obtiene por el producto del “agua virtual”<sup>34</sup> ( $V_a$ ) de los animales ( $m^3/\text{animal}$ ) y el número de animales (A) que tenga el sistema productivo:

$$UH = V_a * A$$

El contenido del “agua virtual” de los animales ( $V_a$ ) se mide en función de los contenidos de agua virtual de los productos empleados en su alimentación ( $V_{\text{feed}}$ ,  $m^3/\text{animal}$ ) y de los volúmenes de agua requeridos en el manejo del animal a lo largo de su vida ( $V_{\text{drink}}$ ,  $V_{\text{services}}$ ,  $m^3/\text{animal}$ ). La siguiente fórmula resume los conceptos mencionados anteriormente:

$$V_a = V_{\text{feed}} + V_{\text{drink}} + V_{\text{services}}$$

---

<sup>33</sup> Hoekstra, A. (2008). Journal of Environmental Management.

<sup>34</sup> El concepto de “agua virtual” fue definido por primera vez en la década de los noventa por el profesor J.A Allan como: “el agua utilizada en el proceso de producción de un bien cualquiera (agrícola, alimenticio, industrial)”<sup>34</sup>.

#### 4.5 Recurso hídrico en el Municipio de Tenjo

Según la Corporación Autónoma Regional (CAR) la “zona de explotación más crítica” (a la cual pertenece el municipio de Tenjo), ocupa menos del 10% del área total de la Sabana de Bogotá y alberga el 50% de los pozos perforados, los que a su vez extraen el 70% del volumen total extraído del subsuelo. De este 70% “el 11,14% es extraído por el municipio de Tenjo”<sup>35</sup>. En el municipio de Tenjo, el volumen anual de agua subterránea extraída para abastecimiento de acueductos es de 1.262.387 m<sup>3</sup> con una red de abastecimiento de 7 pozos; son 3 pozos para veredas y 4 para el acueducto municipal.

#### 4.6 Sustancias contaminantes del Agua

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización implica un mayor uso de agua, una gran generación de residuos de los cuales muchos van a parar al agua. Las sustancias que la contaminan están en Anexo 2: Sustancias contaminantes del Agua.

#### 4.7 Retos de los Productos Lácteos

El subsector Productos Lácteos se encuentra ante una serie de retos que deberá afrontar para articularse exitosamente en los mercados internacionales y a su vez consolidar el mercado interno. De acuerdo al documento Conpes 3675, el subsector presenta altos costos de producción, una baja productividad en relación con los principales actores internacionales, dispersión en la producción primaria, mínimo nivel de asociatividad en los eslabones de la cadena, alta informalidad en la comercialización y transformación de la leche y sus derivados, bajo nivel de diversificación de productos y destinos de exportación y un deficiente manejo sanitario en relación con las exigencias de los mercados, por lo cual se deben tomar las medidas necesarias en cada una de esas problemáticas existentes actualmente.

A lo largo de la cadena productiva y de suministro existen cualidades nutritivas de la leche y de los productos lácteos, que están sometidas a un gran número de riesgos que hacen que la calidad original se vea afectada. Los principales riesgos son: “*la contaminación y multiplicación de microorganismos, contaminación con gérmenes patógenos, alteración físico –química de sus componentes, absorción de malos olores, generación de malos sabores y contaminación con sustancias químicas tales como pesticidas, antibióticos, metales, detergentes desinfectantes, partículas de suciedad, etc.*”<sup>36</sup>

#### 4.8 Factores Humanos en Ganadería

Con base al diagnóstico realizado por el Consejo Nacional Lácteo en el “Acuerdo de Competitividad de la Cadena Láctea Colombiana 2010”, se encontraron algunas debilidades y fortalezas puntuales de las empresas que pertenecientes al sector lácteo:

DEBILIDADES	FORTALEZAS
-------------	------------

<sup>35</sup> Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2009). *Plan de Manejo Ambiental de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona Crítica*.

<sup>36</sup> Magariños, H. (2000). *Producción Higiénica de la Leche Cruda - Guía para la pequeña y mediana empresa*. Guatemala.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil entrada de nuevos competidores tanto en el eslabón primario como en el de procesamiento artesanal.</li> <li>• Alta rivalidad entre los diferentes agentes de la cadena que se incrementa por razón de la estacionalidad de la oferta y demanda.</li> <li>• Bajo crecimiento del consumo interno y de las exportaciones.</li> <li>• Poca información sobre los costos de producción de leche y de fabricación de productos lácteos.</li> <li>• No existe un sistema de información de precios y mercados para la cadena.</li> <li>• Baja escala de producción, poca asociatividad y alta resistencia al cambio en la producción primaria.</li> <li>• Problemas de escolaridad, capacitación y formación para la toma adecuada de decisiones en el eslabón primario, de agentes compradores informales y de pequeños procesadores.</li> <li>• Poca motivación del ganadero y bajo compromiso de los trabajadores, para seguir en el negocio por la incertidumbre del mercado y el cierre de las negociaciones internacionales con la Unión Europea y Estados Unidos.</li> <li>• Deficiente dotación de vivienda, servicios públicos, y servicios de salud en zonas rurales</li> <li>• Baja disponibilidad de agua potable en el sector rural</li> <li>• Baja disponibilidad de instalaciones de enfriamiento, riego, ordeño,</li> <li>• Altos costos de concentrados, semen, medicamentos, transporte.</li> <li>• Baja capacidad de los productores para responder a retos tecnológicos por dificultad de acceso al crédito.</li> <li>• No se cuenta con un sistema efectivo de transferencia de tecnología, poca presencia de la academia en avances en los sistemas productivos.</li> <li>• Reducción de la oferta de mano de obra y bajo relevo generacional encarecen la mano de obra y dificultan el cambio tecnológico en el eslabón primario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas barreras de entrada al negocio de la producción industrial de lácteos por la normatividad vigente.</li> <li>• Alta participación de los costos de la leche dentro de los costos totales de producción de la industria.</li> <li>• La leche y sus derivados no tiene sustitutos directos.</li> <li>• No hay integración hacia atrás por parte de los compradores.</li> <li>• Existe una labor de estandarización de los procesos de la cadena, por medio de normatividad, como el sistema de pago al productor y los reglamentos técnicos para la obtención y procesamiento de la leche y la elaboración de derivados lácteos.</li> <li>• Gremios fuertes con liderazgo, representativos en términos de volumen de producción o procesamiento.</li> <li>• La industria formal tiene un buen nivel de capacitación para la labor y aplica mecanismos selección de personal.</li> <li>• El sector industrial está motivado, le apuesta a crecer en el negocio y está comprometido en el desarrollo del país.</li> <li>• Disponibilidad de recursos naturales y zonas con ventajas agroecológicas para la producción de leche.</li> </ul>
--	--

Desde el punto de vista económico la situación de la industria de Productos Lácteos se muestra un desarrollo notorio en la implementación de aspectos técnicos y tecnológicos para cada vez garantizar con más certeza la inocuidad de dichos productos y esto a su vez con un efecto en mayores ingresos a los productores por la calidad.

Sin embargo hay un tema muy olvidado pero muy importante y es la actividad del recurso humano en la acción, gestión y control de esta cadena, ya que si no fuera por él, al ser el promotor y gestor del conocimiento la industria en general no tendría mayores repercusiones en la productividad<sup>37</sup>.

En este sector hay un alto porcentaje de trabajo manual y en general, una variabilidad de condiciones físicas y organizacionales de trabajo que generan implicaciones serias en la salud de las personas. En la parte organizacional, los trabajadores no tienen la posibilidad de organizar el trabajo de manera autónoma, ya que deben cumplir con las cantidades de producción demandadas. Este aspecto representa un evento asociado a los DME-Desórdenes Musculo Esqueléticos ya que la exposición a esfuerzos es mayor cuando se incrementa la producción por una necesidad familiar de aumentar ingresos<sup>38</sup>.

Respecto a la carga física, se observa el alto riesgo en cuanto a posturas y movimientos repetitivos, propios de las actividades del campo. En general, los trabajadores que pertenecen a este sector se exponen a condiciones diversas influidas por aspectos climáticos, características del terreno, tecnología involucrada en los procesos, formas de remuneración, entre otras.

Por la diversidad de condiciones presentes en el trabajo agropecuario, un trabajador puede realizar desde operaciones que requieren levantamiento y transporte de cargas pesadas, hasta actividades que involucran posturas inadecuadas (de rodillas, inclinadas, agachadas) y movimientos continuos y repetitivos, cuya repercusión se puede manifestar en dolores de miembros superiores, cuello y espalda, hernias discales y ciática.

En las tareas agrícolas (según el estudio de la Universidad Nacional involucra al sector ganadero) en ocasiones se trabaja con los brazos por encima del nivel de los hombros; lo que conlleva a desórdenes por sobre-uso de los miembros superiores que se reflejan en tendinitis (inflamación de un tendón, causa dolor y sensibilidad cerca de una articulación), tenosinovitis (presenta dolor al aumentar la extensión contra resistencia del pulgar) y síndrome del túnel del carpo, cuyas manifestaciones se dan con dolores de hombros, manos y brazos principalmente.

Los trabajadores que realizan continuamente tareas a cielo abierto se ven expuestos a la incidencia de los rayos solares que en primera medida pueden presentar deshidratación, dolores de cabeza, cansancio generalizado y dermatitis.

Según un estudio, de 84 empresas, a la que hace alusión el estudio de la Universidad Nacional, en España en el 2007 se reveló que el 54,4% de los trabajadores del sector agrario refieren molestias en espalda baja y en cuello el 31% por encima de los demás sectores.

---

<sup>37</sup> Corpoica. (2002). *Capacitación a Pequeños Ganaderos - Salud Ocupacional*. Bogotá.

<sup>38</sup> Universidad Nacional de Colombia y Positiva Compañía de Seguros. (2011). *Protocolos de Intervención para la prevención de los desórdenes músculo esqueléticos de miembro superior y de espalda en actividades de Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura*. Bogotá.



Molestias músculo-esqueléticas más frecuentes por sector de la economía en España. 2007

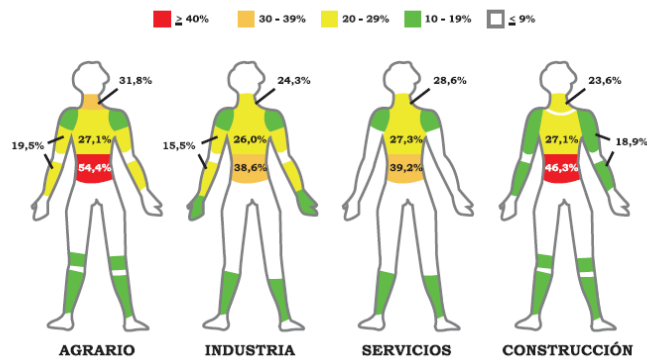


Ilustración 3: Molestias músculo-esqueléticas por sector. Fuente VI Encuesta Nacional de España sobre Condiciones de Trabajo. 2007

#### 4.9 Reba (Rapid Entire Body Assessment)

En el diagnóstico del nivel de productividad del recurso mano de obra, se identificaron posturas inadecuadas que afectan el desarrollo del proceso de ordeño por causarle al operario actualmente molestias físicas. Para validar este supuesto se investigó sobre un modelo pertinente que evidencie la importancia de realizar un rediseño en el puesto de trabajo del operario. Según la revisión bibliográfica, el modelo que más se ajusta a las necesidades del presente proyecto es el REBA, propuesto por Sue Hignett y Lynn McAtamney, publicado por la revista especializada *Applied Ergonomics* en el año 2000. El modelo es el resultado del trabajo continuo de un equipo de ergónomos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y enfermeras, que identificaron alrededor de 600 posturas para su elaboración.

El modelo permite analizar “Un conjunto de posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Además, define otros factores que considera determinantes para la valoración final de la postura, como la carga o fuerza manejada, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el trabajador. Permite evaluar tanto posturas estáticas como dinámicas, e incorpora como novedad la posibilidad de señalar la existencia de cambios bruscos de postura o posturas inestables”<sup>39</sup>.

El método REBA es una herramienta de análisis postural especialmente sensible con las tareas que conllevan cambios inesperados de postura, como consecuencia normalmente de la manipulación de cargas. Su aplicación previene sobre el riesgo de lesiones asociada a una postura, principalmente de tipo músculo-esquelético, indicando en cada caso la urgencia con que se deberían aplicar acciones correctivas. Se trata, por tanto, de una herramienta útil para la prevención de riesgos.

<sup>39</sup> Ergonautas. (2010). *REBA (Rapid Entire Body Assessment)*. Recuperado el 28 de 02 de 2013, de <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

El método evalúa el riesgo de postura de forma independiente. Por tanto, “para evaluar un puesto se deberán seleccionar sus posturas más representativas, bien por su repetición en el tiempo o por su precariedad”<sup>40</sup>.

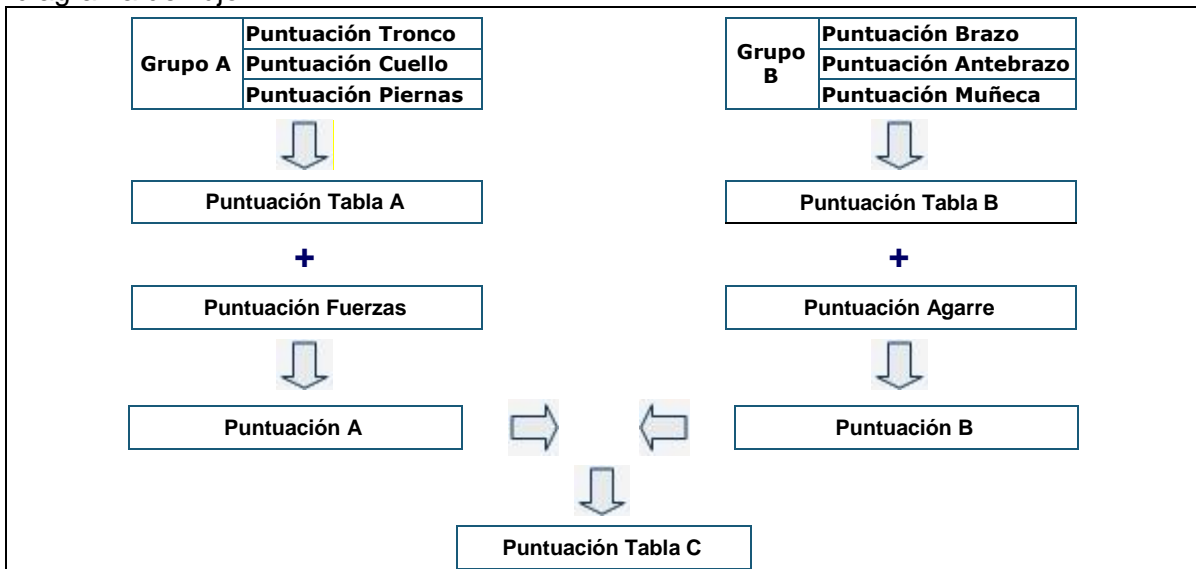
Como pasos previos a la aplicación del método se debe:

- Determinar el periodo de tiempo de observación del puesto considerado, si es necesario, el tiempo de ciclo de trabajo.
- Realizar, si fuera necesario debido a la duración excesiva de la tarea a evaluar, la descomposición de esta en operaciones elementales o subtareas para su análisis
- Registrar diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea, bien mediante su captura en video, bien mediante fotografías, o mediante su anotación en tiempo real si fuera posible.
- Identificar de entre todas las posturas registradas consideradas más significativas o “peligrosas” para su posterior evaluación con el método REBA.
- El método REBA se aplica por separado al lado derecho y al lado izquierdo del cuerpo. Por tanto, el evaluador según su criterio y experiencia, deberá determinar, para cada postura seleccionada el lado del cuerpo que conlleva una mayor carga postural.

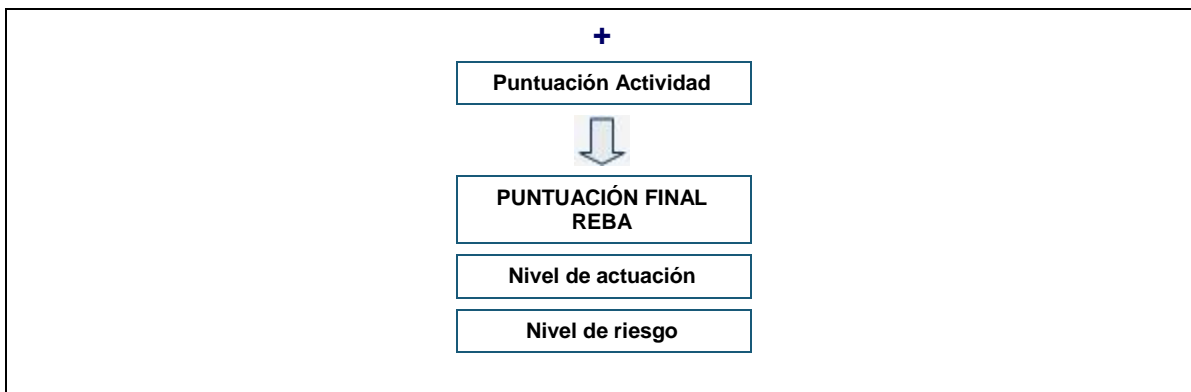
La información requerida por el método es básicamente la siguiente:

- Los ángulos formados por las diferentes partes del cuerpo con respecto a determinadas posiciones de referencia.
- La carga o fuerza manejada por el trabajador al adoptar la postura en estudio indicada en kilogramos.
- El tipo de agarre de la carga manejada manualmente o mediante otras partes del cuerpo.
- Las características de la actividad muscular desarrollada por el trabajador (estática, dinámica o sujeta a posibles cambios bruscos).

Para obtener el nivel de riesgo por posturas, se tiene que llevar a cabo el siguiente diagrama de flujo:



<sup>40</sup> NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment). INSHT



**Ilustración 4: Flujo de obtención de puntuaciones en el método REBA - Fuente: Ergonautas**

Cuando se cuenta con la información requerida como entrada para el modelo, primero hay que establecer la puntuación del Grupo A (tronco, cuello y piernas) y el Grupo B (brazo, antebrazo y muñeca). A partir de ello, se busca en las tablas asociadas a cada parte del cuerpo, los puntos que se deben tener en cuenta y sumarlos para obtener una calificación parcial de cada parte del cuerpo.

Cuando se tiene el compendio de la calificación preliminar del Grupo A y el B, se procede a buscar en las Tablas A y B, la calificación global del grupo, la Tabla A es alusiva al grupo A y la Tabla B al grupo B.

Luego de esto, se adicionan unos puntos para el Grupo A, si existe carga o fuerza en estas parte del cuerpo, al igual que en el Grupo B, dependiendo del tipo de agarre que se tenga.

Al sumarle los puntos adicionales por carga o agarre (dependiendo del caso) a la calificación global preliminar, se obtiene la calificación global final para cada categoría. Con base a estas dos últimas, se busca en la Tabla C, la calificación final de la postura evaluada, para la cual existen unos puntos<sup>41</sup> adicionales si:

- Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas (más de 1 minuto).
- Se producen movimientos repetitivos; más de 4 veces por minuto.
- Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

El resultado final, se busca en la tabla “Niveles de actuación según la puntuación final obtenida”, de la cual se concluye:

<b>Puntuación final</b>	<b>Nivel de Acción</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Actuación</b>
1	0	Inapreciable	No es necesaria
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria
4-7	2	Medio	Es necesaria
8-10	3	Alto	Es necesaria cuanto antes
11-15	4	Muy Alto	Es necesaria inmediatamente

**Tabla 2: Niveles de actuación según la puntuación final obtenida. Modelo REBA. Fuente: Ergonautas**

<sup>41</sup> En el modelo, son catalogados como independientes, por lo cual se pueden presentar los tres en las posturas que se desean evaluar.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Plantear una propuesta de solución que mejore indicadores de productividad actuales del proceso de ordeño de la Finca Gabeno y simular el comportamiento de estos indicadores con la propuesta de solución.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico del nivel de productividad actual de los recursos: agua, distancia, tiempo de recorrido y mano de obra, utilizados en el proceso de ordeño.
- Analizar los problemas detectados en el nivel de productividad de los recursos: agua, distancia, tiempo de recorrido y mano de obra a fin de identificar sus causas, y así orientar la solución a plantear.
- Diseñar la propuesta de solución que mejore los niveles de productividad de los recursos en conjunto.
- Desarrollar un modelo de simulación de la solución para determinar la viabilidad técnica.
- Evaluar económicamente la propuesta con el fin de determinar planes de inversión, recuperación y viabilidad de la propuesta desde esta perspectiva.

## **6. DIAGNÓSTICO**

En cumplimiento al primer objetivo, a continuación se desarrolla el diagnóstico de los procesos que componen el sistema productivo de la Finca Gabeno, explicando brevemente cada uno de ellos y enfatizando en los más comprometidos con la actividad operacional dado que son los que más integran recursos naturales.

### **6.1 Descripción Procesos de la Finca Gabeno**

Los procesos de la finca se dividen en estratégicos, claves y de soporte. Los estratégicos hacen referencia a la secuencia de operaciones relacionadas con el mercado, investigación y desarrollo y gestión estratégica. Los claves son los que conforman el sistema productivo de la finca. Y los de soporte son los que integran el sistema productivo y las directrices de la planeación estratégica. Se resumen en el mapa de procesos que se presenta a continuación:



Ilustración 5: Mapa de Procesos Finca Gabeno – Elaborado por el autor

Los componentes del mapa de procesos se especifican a continuación:

#### 6.1.1 Procesos estratégicos:

Son los procesos que marcan la pauta sobre la planificación y producción de los sistemas productivos que componen la Finca Gabeno.

- **Mercadeo:**

El objetivo de este proceso es la búsqueda de las necesidades de los clientes a través de la información que estos suministran, a saber: frecuencia de compra, monto del pedido, listado del pedido, cantidad solicitada de producto por pedido, tendencias de la cultura orgánica, entre otras. Con base a esta información, la finca toma medidas de acción, define su portafolio de productos, realiza los planes de producción, de siembra y los acuerdos comerciales con proveedores, entre otros.

- **Investigación y Desarrollo:**

En este proceso se resumen todas las actividades que buscan la innovación en técnicas de cultivo, de aplicación de bioinsumos para el control de malezas, plagas y mitigación de problemas de índole ambiental. El pilar de estas actividades es la filosofía “Biodinámica”, es por un lado la que define el sistema producto, en términos de garantizar en todas sus operaciones el balance y equilibrio entre las especies naturales, como también la que da el factor inimitable (marca) de la finca en el mercado de los orgánicos.

Las investigaciones desarrolladas en la Finca Gabeno han llevado a que organismos de índole ambiental como CERES (Entidad Certificadora del Sello Ecológico), pongan de referencia a esta finca como patrón base para la estructuración de los procesos de otras fincas que desean incursionar en la cultura orgánica y más aún en la biodinámica.

- **Gestión Estratégica:**

En este proceso se definen las directrices de la planeación estratégica de la finca. La estructura que sostiene esta planeación se debe a los objetivos tanto de la agricultura

Biodinámica y como la Orgánica. Para mayor claridad se explica cada una de estas modalidades de agricultura:

**a) Agricultura Biodinámica**

Este tipo de agricultura *“considera el conjunto de todos los elementos que hacen parte e interaccionan en una finca, entre estos elementos se encuentran: suelos, animales domésticos y silvestres, plantas cultivadas y silvestres, bosques, riachuelos, lagos e inclusive el propio ser humano, su comodidad y su trabajo como gestor de proceso. Además de esto, considera aspectos más amplios como el clima local, las estaciones del año y en general, aspectos que determinan conexión entre algo materializado (producto) y la esencia espiritual (procesos de la naturaleza). De allí que el agricultor tiene como misión conducir la producción de alimentos y forraje, hacia la sostenibilidad ecológica, económica y social del sistema, lo cual se logra con un sistema en lo posible auto-suficiente, reduciendo al máximo la dependencia de los insumos externos y estimulando al mejor aprovechamiento y reciclaje de los propios recursos del sistema”*<sup>42</sup>.

**b) Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica *“es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana. La agricultura orgánica va más allá de no utilizar agroquímicos, comprende aspectos sociales y económicos que se equilibran para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales”*<sup>43</sup>.

**6.1.2 Procesos Clave**

Representan todos los procesos y subprocesos que están ligados a los servicios que presta la finca. Como consecuencia, su resultado es percibido directamente por los clientes. A manera de profundización, se explican a continuación:

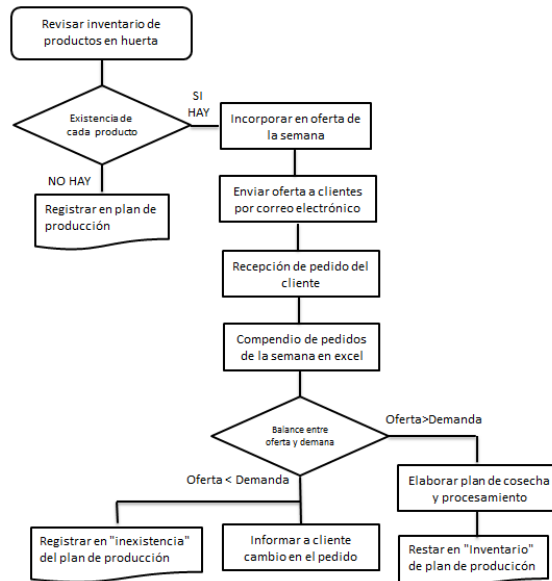
● **Gestión de Pedidos:**

Comprende todas las actividades que están destinadas a conocer la oferta de la semana de la finca y la demanda de los productos por parte de los clientes. Para entender el proceso ver ilustración 6.

---

<sup>42</sup> Definición de BioPlaza S.A.S, primer concepto BIO en Colombia.

<sup>43</sup> Definición de la FAO.



**Ilustración 6: Diagrama de Flujo Proceso de “Gestión de Pedidos”– Elaborado por el autor**

El proceso de gestión de pedidos comienza con la revisión de los inventarios en la huerta de la finca y la disponibilidad de productos lácteos y sus derivados. A partir de esto, el encargado debe registrar en el “plan de producción” la no disponibilidad de producto en procesos o producto terminado, y si hay existencia de producto procede a la elaboración de la oferta de la semana en un archivo de Excel. Teniendo este documento procede a enviar la oferta por correo electrónico a la base de datos de los clientes de la finca. En este correo se definen los siguientes criterios:

- a) Pedido mínimo de \$50.000.
- b) Recepción de pedido hasta el día sábado a las 6:00 p.m.
- c) Zona de cobertura de la distribución de los pedidos.

La finca da como plazo máximo a sus clientes el envío del pedido por correo electrónico el día sábado de cada semana para tener el tiempo apropiado de: realizar el compendio de los pedidos, el balance entre oferta y demanda de la semana, y si es el caso responder a los clientes cuando la oferta no alcance a cubrir su demanda<sup>44</sup>. Se habla de tiempo apropiado porque la finca realiza sus entregas el día lunes y analizando el plazo con el que cuenta para realizar las actividades mencionadas anteriormente es de un día.

El proceso de gestión de los pedidos finaliza con el registro de la información que se obtiene del balance entre oferta y demanda, es decir: si la oferta < demanda se debe registrar en el campo “inexistencia” del plan de producción y si por otro lado la oferta > demanda se debe restar en el campo “inventario” del plan de producción.

La información que se obtiene de este proceso constituye las entradas de los procesos “Planeación Producción” y “Alistamiento de Pedidos”, tal como se detalla a continuación:

<sup>44</sup> Por ejemplo si para la semana se tiene la oferta de 30kg de zanahoria y si con los cinco primeros clientes que remiten su pedido esta oferta se cumple, para al sexto cliente (que pide zanahoria) toca responder manifestando que la oferta de ese producto se agotó y en consecuencia se le descontará del pedido.

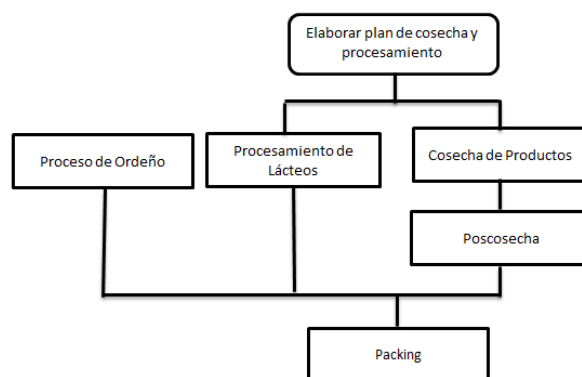


- **Planeación Producción:**

En este proceso se llevan a cabo sistemáticamente una serie de subprocesos que tienen como objetivo diseñar los planes de: siembra, germinación, mantenimiento de huerta y mantenimiento de potreros. Estos planes representan la base de la “sostenibilidad del sistema productivo de la finca” porque están estructurados con información proveniente de los procesos estratégicos. Una vez puestos en marcha (producción) determinan la calidad de los productos de la finca y sobre todo la experiencia que a su vez se convierte en la materia prima de la “investigación y desarrollo”.

- **Alistamiento de Pedidos:**

En este proceso se desarrollan las actividades que permiten que el producto que está en su fuente (huerta o ganado) se convierta en un producto con valor agregado para el cliente. Se lleva a cabo, una vez se tenga la información del “Plan de Cosecha y Procesamiento” proveniente del proceso “Gestión de Pedidos”, explicado anteriormente. A manera de explicación se presenta el siguiente diagrama de flujo:



**Ilustración 7: Diagrama de Flujo Proceso “Alistamiento de Pedido”- Elaborado por el autor**

En el diagrama de flujo se muestra que el “Proceso de Ordeño” se desarrolla simultáneamente al “Procesamiento de Lácteos” y a los subprocesos de “Cosecha y Poscosecha”. Esto se debe a que el “Proceso de Ordeño” no requiere de la información del plan de cosecha y procesamiento para llevarse a cabo, pero sí se desarrolla por la necesidad que se ha generado en el ganado por su explotación<sup>45</sup>.

De los subprocesos que componen el “Alistamiento del Pedido” se obtienen las diferentes líneas de producto que la finca ofrece. La etapa final de este proceso se denomina “Packing” y se define como “*Selección de los productos para dar cumplimiento con la orden de pedido del cliente*”.

- **Distribución de Pedidos:**

Es un proceso subcontratado en la finca y como objetivo tiene: definir y realizar el ruteo de transporte desde la finca hasta la ubicación específica de los clientes.

- **Entrega de Pedidos:**

Es el proceso que cumple con la cadena de abastecimiento de la finca, en el cual se entrega el pedido al cliente y se realiza el cobro del mismo. Hay que aclarar que la Finca Gabeno solo tiene la modalidad de pago de contado.

<sup>45</sup> Esto último requiere que sin importar las condiciones del día o del operario, el ganado en producción debe ordeñarse, pues de no hacerlo se está exponiendo el ganado a mastitis bovina.

### 6.1.3 Procesos Soporte

Son los que permiten el cumplimiento de la planeación estratégica de la Finca Gabeno. Estos son:

- **Compras**

Es la actividad que involucra las necesidades de los procesos que requieren de insumos (diferentes de los servicios públicos) para cumplir con su objetivo. Entre estos se encuentran: Ordeño, Mercadeo, Procesamiento de Lácteos y Plan de Producción.

- **Alistamiento Cultivos**

Comprende todas las actividades inherentes a la preparación del terreno y de la materia prima (plántulas) para su siembra. Entre estas actividades figuran: germinación, plantulación, fertilización y fumigación de plántulas, adecuación de cultivo, entre otras.

- **Mantenimiento**

Hace alusión a las actividades que definen la calidad de los productos de la finca, entre estas se encuentran: fertilización, fumigación, riego y deshierba. El mantenimiento se lleva cabo tanto para la huerta de cultivo como para los potreros en los que se encuentra el ganado.

- **Manejo de Especies**

Implica atender las especies mayores y menores que se trabajan en la finca. Entre las actividades que se tienen en este proceso se encuentran: vacunación, inseminación, cosecha de alimento, preparación de alimento y diagnóstico de bienestar animal.

### 6.2 Diagnóstico de los Procesos

En el presente diagnóstico se evalúan los procesos que utilizan recursos naturales no renovables (agua, luz, tierra, pasto y animales) y mano de obra en su operación. Se hace énfasis en estos, porque por un lado “los naturales” representan el mayor interés de la finca y por otro la “mano de obra” es la gestora de los recursos.

Según la descripción del mapa de procesos, se identificó que los que consumen los recursos enunciados son: cosecha, investigación y desarrollo, mantenimiento cultivo, mantenimiento pastos, mantenimiento plantulación, mercadeo, ordeño, plantulación, pos-cosecha, procesamiento lácteos y siembra.

Conforme a lo planteado, se evalúan los procesos de acuerdo a los siguientes criterios:

<b>Criterio</b>	<b>Opción</b>	<b>Calificación</b>
Consumo el Recurso <b>(C)</b>	SI	1
	NO	0
Cumple con la filosofía de “sostenibilidad en el uso de los recursos” <b>(S)</b>	SI	1
	N.A	1
	NO	0

Tabla 3: Criterios de evaluación de procesos seleccionados. Definidos por el autor

La evaluación de los procesos respecto a los recursos se resume en la siguiente tabla:

Recurso/Proceso	Agua		Luz		Terreno		Pasto		Animales		M.O		Total Recursos Consumidos	Cumplimiento Filosofía
	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S		
Cosecha	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	17%	83,33%
Investigación y Desarrollo	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	100%	66,67%
Mantenimiento Cultivo	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	67%	66,67%
Mantenimiento Pastos	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	67%	66,67%
Mantenimiento Plantulación	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	67%	66,67%
Mercadeo	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	33%	83,33%
Ordeño	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	100%	50,00%
Plantulación	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	50%	66,67%
Poscosecha	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	33%	83,33%
Procesamiento Lácteos	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	50%	83,33%
Siembra	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	50%	83,33%

Tabla 4: Evaluación de los procesos que consumen recursos naturales no renovables y mano de obra.  
Fuente: Autor

El resultado del “Total Recursos Consumidos” se midió a través del siguiente indicador:

$$Total\ Recurso\ Consumidos = \frac{\sum \text{recursos consumidos en el proceso}}{Total\ de\ recursos\ que\ intervienen\ en\ la\ Finca\ Gabeno}$$

Por otro lado el “Cumplimiento de la Filosofía de la Finca” se midió a través del indicador relacionado a continuación:

$$Cumplimiento\ Filosofía = \frac{\sum \text{recursos que cumplen la filosofía en el proceso}}{Total\ de\ recursos\ que\ intervienen\ en\ la\ Finca\ Gabeno}$$

A partir de la información resumida en la tabla 4, se concluyó que el “proceso de ordeño” es el que menos cumple con la filosofía de la finca y consume el 100% de los recursos, razón por la cual se priorizó en su análisis, profundizando en los recursos que lo componen. En este proceso, se encontró que los recursos que no están dentro de la planeación estratégica de Gabeno (no cumplen la filosofía) son: agua, luz y mano de obra.

Analizando con detenimiento el uso de los recursos en el proceso, se excluyó la “luz” dado que su uso respecto al consumo total de la finca es del 0,04914%, porcentaje calculado así:

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Consumo total de luz (\$/mes) <sup>46</sup>	\$ 500.000
Valor de kWh <sup>47</sup>	\$ 363,97
Consumo total de luz (kWh/mes) <sup>48</sup>	1373,73
Consumo bombillo kW <sup>49</sup>	0,009
Consumo Proceso Ordeño (kWh/mes) <sup>50</sup>	0,675
<b>Ponderación Ordeño<sup>51</sup></b>	<b>0,04914%</b>

**Tabla 5: Ponderación de consumo de energía del proceso de ordeño respecto al total de la finca.  
Fuente: Autor**

Para mayor ilustración se presenta a continuación la descripción de las operaciones que componen el proceso de ordeño.

<sup>46</sup> Dato promedio suministrado por la administración de la finca.

<sup>47</sup> Dato promedio obtenido de las facturas del servicio público.

<sup>48</sup> Resultado de dividir "Consumo total de luz" entre "Valor de kWh".

<sup>49</sup> Es la única fuente de consumo del proceso de ordeño y el dato se obtuvo del fabricante.

<sup>50</sup> Resultado de = 0,009 (consumo bombillo)\*2,5hr(tiempo de uso)\*30días

<sup>51</sup> Resultado de dividir "Consumo Proceso Ordeño (kWh/mes)" entre "Consumo total de luz (kWh/mes)".

### 6.2.1 Descripción del Proceso de Ordeño

El siguiente diagrama de flujo describe todas las actividades desarrolladas en el proceso de ordeño:

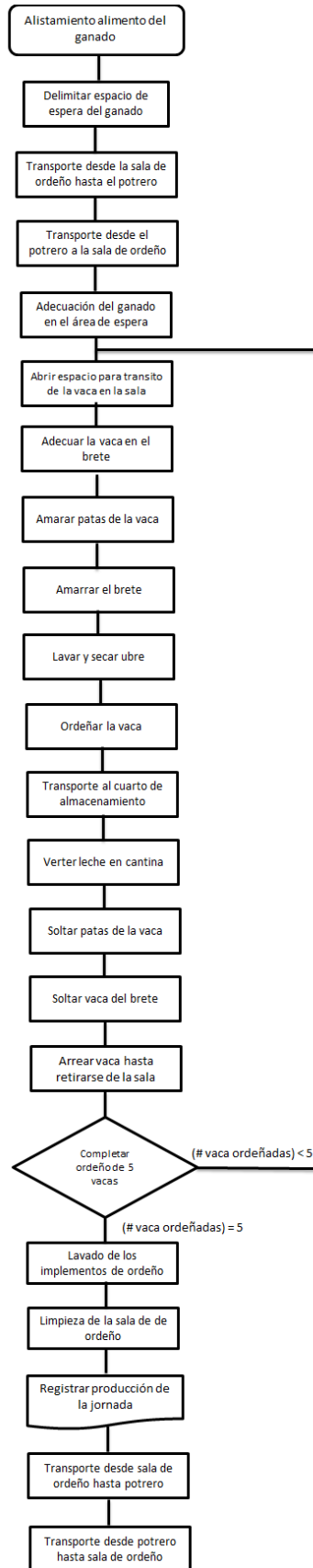


Ilustración 8: Proceso de Ordeño - Elaborado por el autor

Las actividades señaladas se realizan en dos momentos del día: el primero a las 4 de la mañana y el segundo a las 2 de la tarde. A las horas citadas, el ganado debe estar ubicado en la sala de ordeño con suficiente inventario de alimento (remolacha y hierba) para abastecerse durante la rutina de ordeño. Este alimento debe ser cosechado cada 2 o 3 días. “Un animal de 400 kg consume aproximadamente 48 kg (12% de su peso corporal) de pasto por día”<sup>52</sup>.

La imagen presentada a continuación ilustra la estructura de la sala de ordeño:



**Ilustración 9: Instalaciones de la sala de ordeño – Fuente: Autor**

En la etapa de alistamiento, el operario acomoda sobre una cantina de 40L (que sirve como medio de almacenamiento de la leche) un filtro en tela que desprende los grumos que se presentan de la leche. Luego separa en 5 tazas de plástico el alimento (alistamiento alimento) que se encuentra en inventario y a su vez adiciona 200gr de sal mineralizada en cada una de estas. A cada semoviente le corresponde una taza.



**Ilustración 10: Alimento separado para cada vaca – Fuente: Autor**

Una vez preparado el alimento, “delimita el espacio” con lazos y tablas de madera, a donde llega el ganado. Según Gabeno unas vacas predominan sobre otras, razón por la

---

<sup>52</sup> Corpoica. (2005). *Corpoica*. Recuperado el 19 de 07 de 2012, de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/CAPITULOCUATRO.pdf>.

cual hay que mantenerlas separadas para impedir el estrés en el ganado. Acto seguido, se “dirige al potrero” correspondiente a desplazar el ganado hasta la sala de ordeño.

Actualmente Gabeno cuenta con “19 potreros”, cada uno con un área promedio de 1.700m<sup>2</sup>. La “distancia de recorrido” a cada uno de los potreros es diferente por la distribución física de la finca. Por lo tanto los “recorridos del operario” también difieren, porque el desplazamiento (ida) desde la sala de ordeño hasta el potrero en el que estén pastando el ganado es uno (Ver Anexo 3: Diagrama de Recorrido Actual -Sala de Ordeño a Potrero-) y, a su vez el recorrido desde este potrero a la sala de ordeño (regreso) es otro (Ver Anexo 4: Diagrama de Recorrido Actual – Potrero a Sala de ordeño-). Es de aclarar que esta diferencia se detecta en el 32% de los potreros, los cuales están localizados a mayor distancia de la sala de ordeño, a saber: potreros del número 4 al número 9 inclusive. (Ver Ilustración 11)

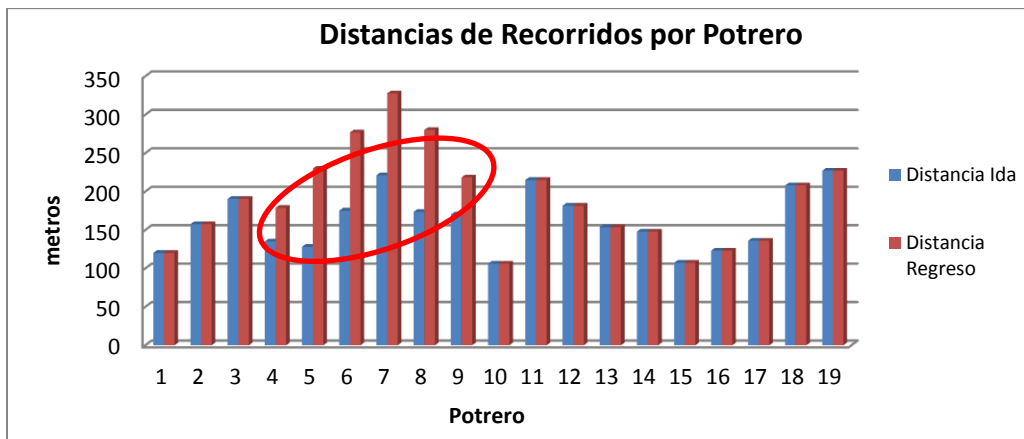


Ilustración 11: Distancia de los recorridos del operario – Información levantada en campo

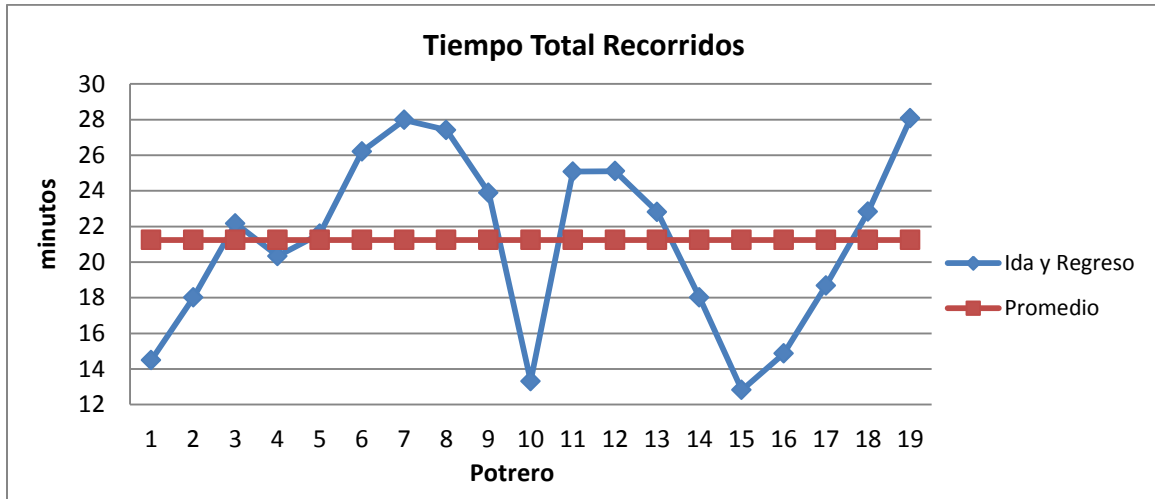
La variación en las rutas de los desplazamientos del operario, se debe a que este puede sin complicaciones transitar por los corredores internos de la huerta (cultivos), mientras el ganado por su tamaño y peso, se ve obligado a transitar por corredores más anchos y retirados de los cultivos. Adicionalmente, por la naturaleza del ganado (rumiante) cuando tienen a su alcance algún elemento vegetal proceden a comerlo y esto causaría pérdida en el inventario de los productos sembrados en la huerta de la finca.

Al momento de llegar al potrero, la operación consiste en: abrir la cerca, retirar el ganado y arriarlo hasta la sala de ordeño. (Ver ilustración 12)



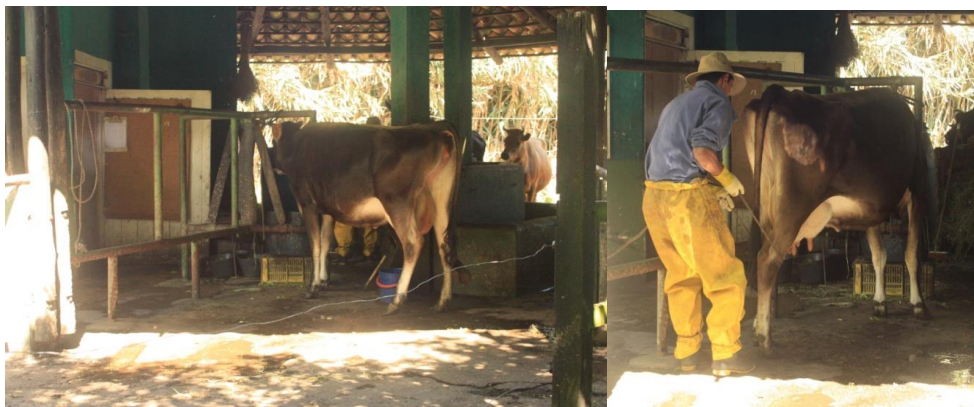
Ilustración 12: Salida de las vacas de uno de los potreros hacia la sala de ordeño – Fuente: Autor

El tiempo total de desplazamiento del operario (ida y regreso) puede llegar a superar los 25 minutos por la misma localización de los potreros, ya explicada anteriormente. A continuación se ilustra gráficamente la “distribución de los tiempos”, donde se observa que el tiempo de transporte en el 47,3% de los potreros es mayor al tiempo promedio de los 19 potreros. Encontrando así que la relación entre la distancia de recorrido a los potreros más lejanos y el tiempo empleado en esta actividad presentan el mismo comportamiento.



**Ilustración 13: Tiempo Total de recorridos del operario - Información levantada en campo**

Una vez “ubicado el ganado en la sala de ordeño”, el operario vierte una de las tazas de comida en la estructura de plástico que se encuentra en la parte posterior del brete (comedero) y adiciona en ésta 200 gr de melaza y 7kg de hierba. Cumplida esta operación, la vaca introduce la cabeza en el brete y el operario le acomoda el cuerpo para que éste quede paralelo a la estructura de acero y amarra las patas y la cola con un lazo a la estructura (Ver ilustración 14). Complementariamente asegura el brete para impedir que la vaca se salga del puesto de ordeño.



**Ilustración 14: Adecuación de la vaca en el brete – Fuente: Autor**

Cumplida esta operación se da comienzo a la “rutina de ordeño”, la cual se describe a continuación:

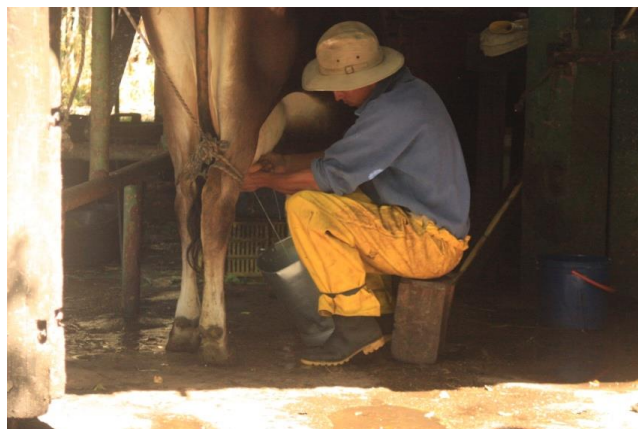
- Toma el balde que contiene agua limpia con la cual “lava la ubre y seguidamente la seca” con un trapo (Ver ilustración 15).





**Ilustración 15: Lavado de la ubre (izquierda) y secado de la ubre (derecha) – Fuente: Autor**

- Estando la ubre limpia se lava las manos con agua disponible en otro recipiente e inicia el ordeño físico (Ver ilustración 16). *“La técnica ayuda a mantener a las vacas libres de enfermedades y por consiguiente una buena calidad de la leche”* (Cardona, 2005) .



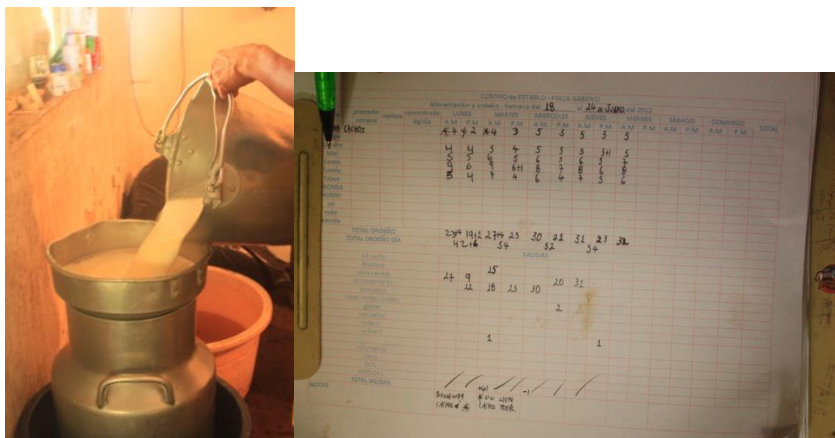
**Ilustración 16: Ordeño de la vaca – Fuente: Autor**

En la observación del proceso se evidenció que cuando se ordeñan los pezones que están más cerca al operario, la tensión y postura corporal es más relajada aunque mantiene una postura de la espalda inadecuada; mientras que con las que están más lejos (Ver ilustración 17) la posición de las piernas, espalda, cuello y brazos pierden equilibrio al tratar de direccionar el balde para que la leche se deposite allí. Detallando que el peso promedio del balde con la leche pesa en promedio 4kg.



**Ilustración 17: Postura en el ordeño – Fuente: Autor**

- Cuando termina la operación física de ordeño, se desplaza 6 metros para “verter el contenido del balde en la cantina”<sup>53</sup>. Actividad que representa demoras en la continuidad del proceso (Ver ilustración 18).
- Luego registra la producción obtenida en la planilla de control<sup>54</sup>.



**Ilustración 18: Vaciado del balde y registro del volumen – Fuente: Autor**

- Retorna al puesto de ordeño, “desamarras las patas y suelta el brete” para que la vaca salga de la sala de ordeño.
- Finalmente en la rutina de ordeño/vaca, el operario arrear la vaca hasta que se retire de la sala de ordeño.

Este proceso es reiterativo para todo el hato lechero.

- Procede al lavado de los utensilios del proceso: baldes, malla, filtro de tela y embudo.
- Recoge el estiércol, lo deposita en la estercolera (localizada junto a la sala), barre el piso de la sala de ordeño y lo lava con agua para dejarlo completamente limpio y listo para su siguiente uso.
- Una vez finalizado el lavado, retorna al ganado al potrero asignado. Cuando todas se encuentran concentradas en el potrero, desplaza la cerca eléctrica dependiendo de las existencias de pasto en el potrero. Si encuentra poca pastura corre la cerca aproximadamente 6m y si ya han consumido todo la del potrero, las desplaza al siguiente.

Se explica que cada potrero en Gabeno, está dividido en 7 subpotreros por el pastoreo (explicado en la descripción de la empresa). Cada subpotrero corresponde a cada de la semana, por lo cual se desplaza el ganado de un subpotrero a otro y en el caso que hayan completado los 7 subpotreros, se pasa al siguiente potrero.

- Observa la disponibilidad de agua en el bebedero y en caso de faltante debe desplazarse al lugar de la motobomba para activarla y surtir el agua faltante.
- Retorna a la sala de ordeño y procede al enfriamiento de la leche contenida en la cantina. Debido a la carencia de cuarto de enfriamiento en la finca, las cantinas se

<sup>53</sup> El operario conoce el volumen de producción, por el diseño del balde el cual tiene demarcada la unidad de medida en la parte interna del mismo.

<sup>54</sup> La planilla contiene la información de la producción parcial diaria (vaca/día) y el total semanal. Además en esta se relacionan las salidas del producto (despacho a los clientes).

introducen en tanques llenos de agua fría. Si el despacho de la leche es el mismo día se deja en este balde, pero si es para otro día, se transporta hasta el punto de procesamiento de productos lácteos y se refrigera.

En este punto se da por finalizado el proceso de ordeño.

De acuerdo a la explicación anterior, surge el interés de realizar un diagnóstico a mayor profundidad sobre el nivel de productividad en el uso de los recursos agua y mano de obra, a fin de determinar cuál es la causa atribuible al incumplimiento en la filosofía de cultura biodinámica y orgánica.

### 6.3 Agua

El diagnóstico del recurso agua partió de la descripción del flujo de este recurso en el proceso de ordeño, de allí se determinaron los destinos de uso y las fuentes de contaminación. Posteriormente se definieron indicadores a través de los cuales, se evaluaron los destinos del flujo y consecuentemente se determinó el nivel de productividad<sup>55</sup> actual en el uso del recurso hídrico.

#### 6.3.1 Fenomenología del flujo Hídrico

El diagrama de flujo que se presenta a continuación representa el recorrido del flujo hídrico lo largo del proceso de ordeño.

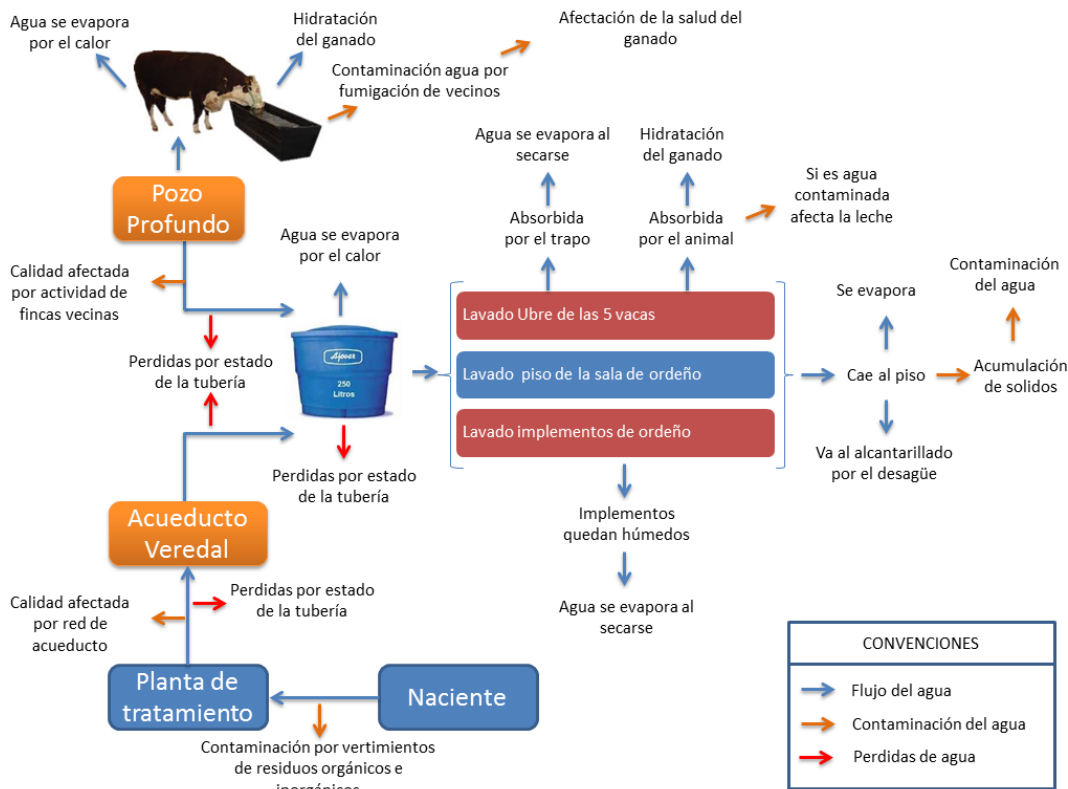


Ilustración 19: Diagrama de flujo recurso hídrico proceso de ordeño - Elaborado por el autor

<sup>55</sup> En todo el análisis de la productividad en el uso del recurso hídrico, se contó con la asesoría y el apoyo del Ingeniero Nelson Obregón Neira; Director del Instituto Geofísico de la Pontificia Universidad Javeriana.

En el proceso de ordeño de la Finca Gabeno se tienen dos entradas de agua; por un lado agua potable que proviene del acueducto veredal y por otro, agua de un pozo que está a 88 metros de profundidad.

En el primer sistema, el agua llega directamente a los tanques de almacenamiento que están dispuestos en el área de la sala de ordeño únicamente los fines de semana. La razón de esto, es que desde hace un año y medio, se están haciendo reparaciones en el acueducto y al parecer falta más de un año para acabar esta labor.

En consecuencia el día domingo, el operario encargado del proceso de ordeño llena los tanques de almacenamiento hasta su máxima capacidad accionando el registro de entrada. El tiempo que tarda en llenarse los dos tanques es de 45 minutos aproximadamente.

A primera vista pareciera que el consumo del agua se da únicamente cuando se lavan los implementos, el piso de la sala de ordeño, la ubre de las vacas y se hidratan los animales. Pero, si se analizan los flujos como un sistema interrelacionado con variables externas, se tiene en cuenta las pérdidas de cantidad y calidad del agua en la red de abastecimiento.

La pérdida en un sistema de flujo hídrico se puede dar por el estado de la tubería (fugas) o la evaporación por las altas temperaturas. Mientras que la pérdida de la calidad, se puede deber a la contaminación por la actividad de fincas vecinas y/o vertimientos en la red del acueducto, así como por el estado de la misma red.

De acuerdo a los destinos de uso planteados en la ilustración 19, se retoma el concepto de “agua virtual”, para medir la productividad en el uso del recurso hídrico. Sin embargo con este indicador no es suficiente para el diagnóstico porque no da respuesta a la causa del incumplimiento de la planeación estratégica de la finca, por lo cual se hizo necesario definir otros indicadores.

### **6.3.2 Agua Virtual**

Es el volumen de agua que se emplea para la producción de un bien o servicio y está compuesta por tres categorías fundamentales en ganadería: servicios, hidratación y alimentación.

- **Servicios**

Es la cantidad de litros que se destinan a la limpieza de la sala de ordeño, implementos y la ubre del ganado.

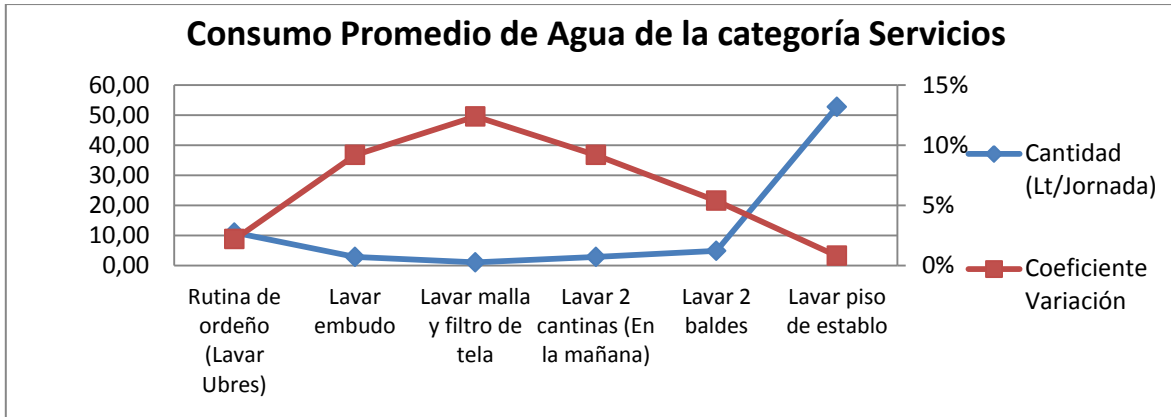
Como no se contaba en Gabeno con la información de consumo para estos destinos, se realizó un trabajo de campo<sup>56</sup> para caracterizar y cuantificar el uso de este recurso en el proceso. El procedimiento que se llevó a cabo fue el siguiente:

- Se seleccionó un recipiente de 1 Lt de volumen como unidad de referencia.
- Se calculó el número de veces que se llenaba el recipiente por cada destino de uso.
- Se calculó el total del volumen consumido por destino, multiplicando el número de veces por el volumen del recipiente.

Los resultados fueron los siguientes:

---

<sup>56</sup> Este procedimiento se llevó a cabo en 6 días de proceso, lo que equivale a 12 jornadas de ordeño.

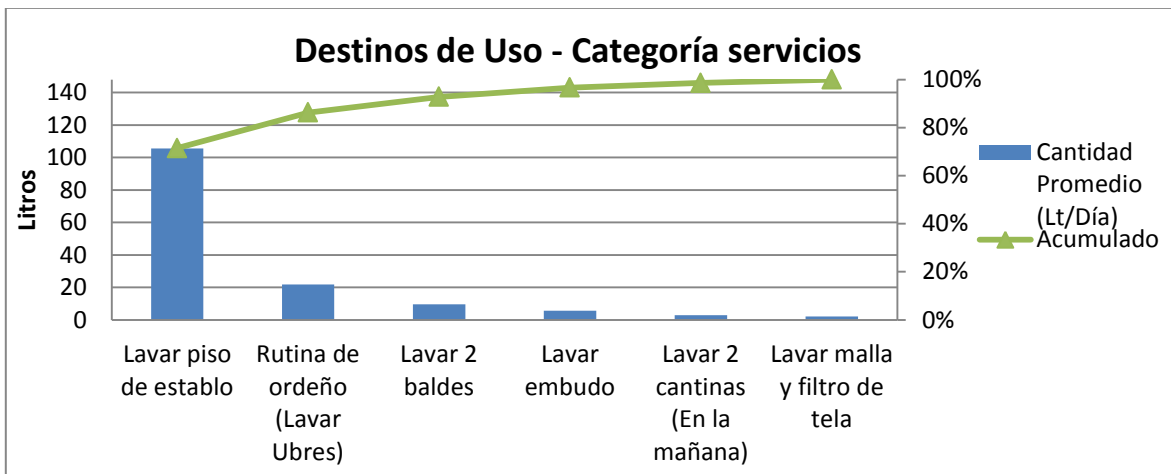


**Ilustración 20: Consumo promedio de agua por destino de la categoría servicios, en el proceso de ordeño - Información levantada en campo**

Según la ilustración 20, se determina que hay una relación inversa entre el coeficiente de variación y el promedio del consumo de agua, debido a que la desviación estándar de los destinos de consumo varía muy poco, oscilando entre 0,13Litros/jornada y 0,42litros/jornada, mientras que el consumo promedio si aumenta mucho de un destino a otro. Esto último demuestra que la dispersión de los datos es homogénea.

La mayor desviación la presenta el lavado del piso y el lavado de las dos cantinas. Para el caso del lavado del piso de la sala de ordeño, el consumo de agua está relacionado con la cantidad de estiércol que depositan las vacas en piso y, el lavado de las cantinas, depende de qué tanta espuma se genere al verter la leche, ya que entre más espuma haya, significa un mayor consumo de agua en su limpieza.

El impacto de cada destino de consumo se obtiene dividiendo su consumo promedio entre el total del día. La ilustración siguiente muestra la ponderación de los destinos del recurso agua en el proceso de ordeño.



**Ilustración 21: Destinos y cantidad de consumo de agua potable en el proceso de ordeño - Información levantada en campo**

El destino “Lavado del piso” tiene el mayor consumo: 105,5 Lt/día; lo cual equivale al 71% del total. De manera continua se encuentra el destino “Rutina de Ordeño”; el cual contempla el agua utilizada para lavar la ubre del ganado. El consumo de este destino es de 21,9 L/día, lo que representa el 15% del consumo promedio.

Los destinos restantes hacen referencia al lavado de los implementos del proceso de ordeño, los cuales suman un consumo total de 20,26 Lt/Día, representando el 14% restante del consumo total.

Si se analiza con la teoría de Pareto, se concluye que el lavado del piso de la sala de ordeño y mitad del lavado de las ubres, representan en la jornada de la mañana el 33,33% de los destinos totales<sup>57</sup> y en la tarde el 40%<sup>58</sup> y comprenden el 80% del consumo total del recuso por día en el proceso de ordeño en la categoría servicios.

- **Hidratación:**

Según el operario, una vaca toma de agua el 10% de su peso. Lo que quiere decir, que en Gabeno una vaca, que en promedio pesa 400Kg, consume 40L/día de agua. El hato lechero de Gabeno consume 200L/día<sup>59</sup>.

Adicional a este consumo efectivo, hay otro por evapotranspiración. Este fenómeno se deba a que el tanque de almacenamiento se encuentra siempre en el potrero, y aunque se ponga a la sombra, la temperatura hace que este fluido se evapore. La pérdida de este recurso, se calculó como sigue a continuación:

Concepto	Medida
Área superficial tanque <sup>60</sup>	8332,29 cm <sup>2</sup>
Constante evapotranspiración mensual Tenjo <sup>61</sup>	Entre 33 mm y 39 mm
Volumen de agua evapotranspirada mensualmente	Entre 27,49L/mes y 32,49L/mes
Volumen de agua evapotranspirada diariamente	Entre 0,91L/día y 1,08L/día

**Tabla 6: Cantidad de agua evapotranspirada en la hidratación del ganado – Elaborado por el autor**

Según lo anterior, se concluye que en la categoría “hidratación” se consumen 200,995L/día de agua.

- **Alimentación:**

La dieta del ganado en Gabeno, se prepara con producción de la propia finca. En la siguiente tabla se relaciona la cantidad de producto cosechado/día/vaca y el consumo de agua/día.

Producto	Cantidad	Agua Requerida (Lt/Día)
Remolacha Forrajera	7kg/día	1120
Hierba	7kg/día	0
Forraje verde (Pasto)	42kg/día	0
<b>TOTAL</b>		<b>1120</b>

**Tabla 7: Agua virtual del alimento del ganado en la Finca Gabeno - Fuente: Gabeno**

<sup>57</sup> En la mañana se tienen 6 destinos de consumo, lo que indica que cada uno representa el 16,67%. Con base a esto, el destino “Lavado sala de ordeño” y “Rutina de ordeño” representan el 33,33%.

<sup>58</sup> En la tarde se tienen 5 destinos de consumo, lo que indica que cada uno representa el 20%. Con base a esto, los dos destinos representan el 40%.

<sup>59</sup> Es el resultado de (40L/VO)\*(5VO).

<sup>60</sup> Las dimensiones se obtuvieron de <http://www.colempaques.com/>.

<sup>61</sup> Environmental Ingenieros Consultores. (s.f.). Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Tenjo. *Aspecto Biofísico*.

De acuerdo a los cálculos del consumo del recurso hídrico en cada una de las categorías que componen el “agua virtual”, se tiene el siguiente total:

	Volumen (Lt/Día)	Ponderación
<b>Servicios</b>	147,67	10,05%
<b>Bebida</b>	200,995	13,69%
<b>Alimento</b>	1120	76,26%
<b>TOTAL</b>	1468,66	100%

Tabla 8: Consumo actual Agua virtual en el Proceso de Ordeño – Elaborado por el autor

Una vez obtenida la información de consumo se procedió a determinar el nivel de productividad en el uso del recurso hídrico siguiendo una secuencia lógica de todo proceso de gestión.

### 6.3.3 Nivel de Productividad

El término “productividad del agua” se utiliza para cuantificar la cantidad o el valor del producto final que se obtiene con el volumen o valor de agua consumida. No existe una definición única de productividad y el valor considerado en el numerador podría depender del enfoque así como de la disponibilidad de datos. (FAO (Food and Agriculture Organization), 2011)

De acuerdo a las definiciones de los conceptos de productividad y de agua virtual, se elaboraron los indicadores de gestión del recurso hídrico a fin de precisar el diagnóstico de la presente investigación:

No	Nombre	Definición	Objetivo	Indicador	Responsable	Línea Base	Periodicidad
1	Productividad parcial del agua virtual.	Cuántos litros de agua virtual se utilizan por litro de leche.	Determinar el consumo del volumen de agua en la producción 1 litro de leche.	Agua virtual (L <sub>agua</sub> ) / Producción (L <sub>leche</sub> )	Encargado del proceso de ordeño	26,71 litros de agua por 1 litro de leche	Mensual
2	Productividad por reciclaje del agua nueva en la operación de lavado.	Cuántos litros de agua se pueden reciclar por litros de agua nueva consumida en la operación de lavado.	Determinar el grado de aprovechamiento del agua nueva consumida en un sistema de recirculación en la operación de lavado.	Agua recirculada (L <sub>agua</sub> ) / Agua consumida nueva (L <sub>agua</sub> )	Encargado del proceso de ordeño	0 litros de agua recirculada por 4.430 litros de agua consumida.	Mensual
3	Eficacia en el consumo	Cuántos litros se acerca o se aleja el consumo de agua de Gabeno respecto a una meta.	Determinar el grado en el que se cumple la meta de consumo definida por Gabeno.	Agua consumida (L <sub>agua</sub> ) / Meta de Gabeno (L <sub>agua</sub> )	Encargado del proceso de ordeño	En el momento no se cuenta con una meta de consumo.	Mensual

Tabla 9: Matriz de gestión del uso del recurso hídrico en el proceso de ordeño – Elaborado por el autor

El indicador de agua virtual no tiene punto de comparación porque no existe información primaria para calcularlo. Por lo tanto se diseñaron los indicadores de productividad de reciclaje de agua nueva y eficacia en el consumo. De estos, se concluye que el incumplimiento de la filosofía de Gabeno en el proceso de ordeño se da por:

- No se recicla ni reutiliza el flujo hídrico.
- No hay metas de consumo definidas.
- No hay control en el consumo del recurso.
- Existen pérdidas por evapotranspiración.

Adicional a los indicadores contemplados en la matriz de gestión, existe otro indicador que contribuye a determinar la eficacia en la limpieza (calidad del lavado), pero como requiere de estudios fisicoquímicos y microbiológicos, no se cuantificó en la presente investigación.

Sin embargo en lechería especializada si se ha medido y se aplican productos industriales que reducen el consumo del agua y su uso cumple con estándares de calidad.

En esta industria, se utiliza el agua para la disolución de químicos de: sellado y presellado, limpieza de los sistemas de ordeño y, en la disolución de los jabones de limpieza de los implementos del proceso y en la hidratación del ganado (no se utiliza en contacto directo con el animal en la limpieza de la ubre<sup>62</sup>).

En la finca Gabeno actualmente no se realiza la operación de sellado y presellado, denotando un deficiente manejo higiénico en el proceso de ordeño. Adicionalmente la limpieza de la ubre, se realiza únicamente con agua. Según lo anterior se concluye que en Gabeno el uso del agua es ineficaz.

Continuando con el diagnóstico de los recursos contemplados en la presente investigación, se analizan detalles sobre la mano de obra incluyendo entre otros aspectos: tiempo de las operaciones, distancia de recorrido, posturas en el puesto de trabajo y el riesgo de exposición de estas posturas.

#### **6.4 Mano de Obra**

Teniendo en cuenta que la filosofía “Biodinámica”, *“plantea que la gestión de una organización debe hacer uso eficaz de la mano de obra (minimizar su uso) e igualmente diversificar y combinar equilibradamente las actividades que realiza esta mano de obra”*<sup>63</sup>; se hace necesario determinar: el tiempo de duración de cada de las actividades, así como las metodologías que emplea en estas y las posturas de trabajo efectuadas.

Ante la carencia de información primaria en la finca, se realizó un estudio de tiempos por muestreo y un análisis de las metodologías que desarrolla el operario encargado del proceso de ordeño.

##### **6.4.1 Estudio de Tiempos**

###### **6.4.1.1 Objetivo**

Estimar los porcentajes de productividad del recurso mano de obra, en el proceso de ordeño, desde el alistamiento de la sala hasta el transporte de la leche al punto de procesamiento.

###### **6.4.1.2 Definiciones**

Para diferenciar las categorías y subcategorías productivas e improductivas, se parte de la definición que especifica el valor agregado del producto del proceso (inocuidad y seguridad), con base en la calidad del mismo:

<sup>62</sup> El análisis del recurso hídrico es el resultado de entrevista con la Zootecnista Niyired Orozco.

<sup>63</sup> Steiner, R. (1988). Curso sobre agricultura biológico-dinámica. Madrid: Rudolf Steiner.



- **Categoría o Subcategoría Productiva:** Aquella actividad en la que el objetivo está orientado a mantener la inocuidad de la leche y la seguridad del operario.
- **Inocuidad:** Se genera en la producción primaria y comprende, entre otros aspectos, la salud de los animales, los tratamientos con medicamentos veterinarios, la alimentación, la higiene del ordeño, el almacenamiento y la conservación de la leche en la finca<sup>64</sup>.
- **Productividad:** Porcentaje de la jornada de trabajo en el que el operario está realizando las subcategorías productivas.

#### 6.4.1.3 Categorías y Subcategorías

Con base en las definiciones, se presentan las categorías del proceso y las subcategorías clasificadas por el tipo de actividad; productivas (P) e improductivas (I). Definidas por el autor de la presente investigación.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	TIPO
1. Alistamiento 1	a. Preparando el alimento del ganado	P
	b. Está acomodando los utensilios de trabajo	I
	c. Está delimitando el área de acceso con cuerdas y palos de madera	I
2. Alistamiento personal	a. Colocándose los guantes	P
	b. Quitándose los guantes	P
	c. Cogiendo el balde de ordeño	I
	d. Cogiendo el trapo	I
	e. Acomodando el asiento	I
	f. Colocando el balde en otro lugar	I
	g. Cogiendo el balde y alistando el asiento para continuar el ordeño	I
	h. Retirando el asiento	I
	i. Llenando el balde con agua	I
3. Transporte 1	El operario está caminando hacia el potrero por las vacas o regresando a la sala de ordeño (con las vacas).	I
4. Alistamiento para ordeño vaca 1	a. Cambiando de vestimenta personal	I
	b. Disponiendo el alimento en el brete para vaca 1	P
	c. Amarrando el laso del brete para vaca 1	P
	d. Amarrando las patas de la vaca 1	P
	e. Lavando la ubre de la vaca 1	P
	f. Secando la ubre de la vaca 1	P
	g. Caminando para traer al ternero 1	I
	h. Amarrando el ternero 1	P
5. Ordeño vaca 1	a. Ordeñando la vaca 1	P
	b. Desamarrando el ternero 1	P
	c. Caminando para llevar al ternero 1	I
	d. Vertiendo la leche de la vaca 1 en la cantina	P
	e. El operario está caminando hacia el cuarto de almacenamiento para verter la leche de la vaca 1 en la cantina	I

<sup>64</sup> ICA. (2011). Las Buenas Prácticas Ganaderas en la Producción de Leche. Bogotá D.C., Colombia.

<b>6. Alistamiento para ordeño vaca 2</b>	a. Desamarrando las patas de la vaca 1	P
	b. Desamarrando el laso del brete para la vaca 1	P
	c. Dando la orden de salida de la vaca 1	I
	d. Disponiendo el alimento en el brete para vaca 2	P
	e. Abriendo el acceso de la vaca 2	I
	f. Amarrando el laso del brete para vaca 2	P
	g. Amarrando las patas de la vaca 2	P
	h. Lavando la ubre de la vaca 2	P
	i. Secando la ubre de la vaca 2	P
	j. Caminando para traer el ternero 2	I
	k. Amarrando el ternero 2	P
<b>7. Ordeño vaca 2</b>	a. Ordeñando la vaca 2	P
	b. Desamarrando el ternero 2	P
	c. Caminando para llevar el ternero 2	I
	d. Vertiendo la leche de la vaca 2 en la cantina	P
	e. Caminando hacia el cuarto de almacenamiento para verter la leche de la vaca 2 en la cantina	I
<b>8. Alistamiento para ordeño vaca 3</b>	a. Desamarrando las patas de la vaca 2	P
	b. Desamarrando el laso del brete para la vaca 2	P
	c. Dando la orden de salida a la vaca 2	I
	d. Disponiendo el alimento en el brete para vaca 3	P
	e. Abriendo el acceso de la vaca 3	I
	f. Amarrando el laso del brete para vaca 3	P
	g. Amarrando las patas de la vaca 3	P
	h. Lavando la ubre de la vaca 3	P
	i. Secando la ubre de la vaca 3	P
	j. Caminando para traer el ternero 3	I
	k. Amarrando el ternero 3	P
<b>9. Ordeño vaca 3</b>	a. Ordeñando la vaca 3	P
	b. Desamarrando el ternero 3	P
	c. Caminando para llevar el ternero 3	I
	d. Vertiendo la leche de la vaca 3 en la cantina	P
	e. Caminando hacia el cuarto de almacenamiento para verter la leche de la vaca 3 en la cantina	I
<b>10. Alistamiento para ordeño vaca 4</b>	a. Desamarrando las patas de la vaca 3	P
	b. Desamarrando el laso del brete para la vaca 3	P
	c. Dando la orden de salida a la vaca 3	I
	d. Disponiendo el alimento en el brete para vaca 4	P
	e. Abriendo el acceso de la vaca 4	I
	f. Amarrando el laso del brete para vaca 4	P
	g. Amarrando las patas de la vaca 4	P
	h. Lavando la ubre de la vaca 4	P
	i. Secando la ubre de la vaca 4	P
	j. Caminando para traer el ternero 4	I
	k. Amarrando el ternero 4	P
<b>11. Ordeño vaca 4</b>	a. Ordeñando la vaca 4	P
	b. Desamarrando el ternero 4	P
	c. Caminando para llevar el ternero 4	I
	d. Vertiendo la leche de la vaca 4 en la cantina	P

	e. Caminando hacia el cuarto de almacenamiento para verter la leche de la vaca 4 en la cantina	I
<b>12. Alistamiento para ordeñar vaca 5</b>	a. Desamarrando las patas de la vaca 4	P
	b. Desamarrando el laso del brete para la vaca 4	P
	c. Dando la orden de salida a la vaca 4	I
	d. Disponiendo el alimento en el brete para vaca 5	P
	e. Abriendo el acceso de la vaca 5	I
	f. Amarrando el laso del brete para vaca 5	P
	g. Amarrando las patas de la vaca 5	P
	h. Lavando la ubre de la vaca 5	P
	i. Secando la ubre de la vaca 5	P
	j. Caminando para traer el ternero 5	I
	k. Amarrando el ternero 5	P
<b>13. Ordeño vaca 5</b>	a. Ordeñando la vaca 5	P
	b. Desamarrando el ternero 5	P
	c. Caminando para llevar el ternero 5	I
	d. Vertiendo la leche de la vaca 5 en la cantina	P
	e. Caminando hacia el cuarto de almacenamiento para verter la leche de la vaca 5 en la cantina	I
<b>14. Alistamiento de espacio para lavado</b>	a. Desamarrando las patas de la vaca 5	P
	b. Desamarrando el laso del brete para la vaca 5	P
	c. Dando la orden de salida a la vaca 5	I
	d. Acomodando los elementos cerca de los tanques	I
	e. Abriendo la llave de los tanques	I
<b>15. Lavado</b>	a. Enjabonando los utensilios	P
	b. Juagando los utensilios	P
	c. Acomodando los utensilios dentro del cuarto de almacenamiento para secarlos	P
	d. Registrando la producción del día	I
	e. Cerrando la llave de los tanques	I
	f. Retirando del piso el estiércol depositado por las vacas en la sala	P
	g. Barriendo el piso de la sala	P
	h. Regando el agua en el piso	P
	i. Restregando el piso con la escoba	P
	j. Acomodando los utensilios de lavado	I
<b>16. Alistamiento día siguiente:</b>	El operario está alistando la comida del ganado para el ordeño del día siguiente.	P
<b>17. Transporte 2</b>	El operario está caminando hacia el potrero para llevar las vacas o regresando a la sala de ordeño (solo).	I
<b>18. Transporte 3</b>	El operario está caminando hacia el punto de procesamiento con la cantina de leche.	P
<b>19. Personal</b>	El operario está descansando en horarios fuera de la programación de hora de descanso pero está asignado para ordeñar (no está hablando)	I
<b>20. Fuera del sitio de trabajo</b>	El operario está ausente de la sala de ordeño.	I

<b>21. Hablando sin trabajar</b>	El operario deja de realizar actividades productivas del proceso de ordeño para hablar con un compañero o por celular	
<b>22. Re-trabajo</b>	El operario al terminar de hacer alguna operación, vuelve a hacerla para corregir desperfectos.	
<b>23. Sin herramienta</b>	El operario debe utilizar una herramienta para llevar a cabo su trabajo pero no la tiene en ese momento.	

Tabla 10: Categorías y Subcategorías, productivas e improductivas del operario del proceso de ordeño.

#### 6.2.1.4 Veces de las Observaciones

La secuencia para determinar las veces de las observaciones se describe a continuación:

- Se estableció un muestreo para cada jornada de 702 observaciones, distribuidas en 6 días; lo que equivale a 117 observaciones/ jornada/día.
- Se generó un número aleatorio entre 0 y el último minuto de los videos de cada jornada; en la tabla 11 (columna “minutos por turno”) se muestra el promedio de este tiempo.

Jornada	Turno de Trabajo (hr) <sup>65</sup>	Minutos del Turno
Mañana	1,75	105
Tarde	1,91	115

Tabla 11: Tiempos de la jornada para el diagnóstico – Información levantada en campo

- Se generó un aleatorio decimal.
- Se ordenó de menor a mayor el número aleatorio decimal.
- Se ordenó de menor a mayor el número aleatorio entero.
- Se sumaron los números aleatorios (entero y decimal).
- Se multiplicó el número aleatorio total por el último minuto de grabación de cada jornada y se dividió entre 117 observaciones, para calcular los minutos (MIO) que deben sumarse a la hora de inicio de la jornada de trabajo.
- Se realizó la suma correspondiente de los MIO para cada observación.

Para cada día y cada jornada de muestreo se generaron diferentes números aleatorios, esto con el fin de eliminar algún tipo de sesgo que se puede presentar.

#### 6.2.1.5 Modelo de Productividad

Para determinar el nivel de productividad actual se desarrolló el siguiente procedimiento:

- a) Determinar los  $P_i$  de las subcategorías del estudio de tiempos.

El punto de partida del modelo es el cálculo del factor  $P_i$ , el cual indica el porcentaje del tiempo en el cual el operario está realizando cada subcategoría  $i$  y matemáticamente se expresa por:

$$Factor P_i = \frac{\# Observaciones en i}{\# Total de Observaciones}$$

- b) Determinar la distribución de los tiempos de transporte 1 y transporte 2, porque son variables aleatorias.

<sup>65</sup> Los tiempos que se presentan, son el resultado de los videos levantados en campo.

El desarrollo de las estimaciones de las funciones de densidad de probabilidad, se encuentran en Anexo 5: Demostración de Normalidad de los tiempos de transporte actuales.

- c) Determinar la distribución del tiempo de cada jornada, incluyendo la distribución de los tiempos de transporte 1 y transporte 2.

El desarrollo se encuentra en Anexo 6: Demostración de normalidad de tiempo de la Jornada de la Mañana y Anexo 7: Demostración de normalidad de tiempo de la Jornada de la Tarde.

- d) Determinar el intervalo de confianza de los  $P_i$  para cada jornada.

El desarrollo se encuentra en Anexo 8: Nivel de Productividad por subcategoría de Mano de Obra.

- e) Determinar el nivel de productividad ( $P_T$ ) e improductividad ( $I_T$ ) del proceso de ordeño.

El nivel de productividad, es la suma<sup>66</sup> de los  $P_i$ :

$$P_T = \sum_{i=1}^{I=65} \text{Factor } P_i$$

Además de este indicador, se desea conocer el tiempo efectivo en el cual el operario se encuentra realizando cada una y el total de las subcategorías productivas e improductivas. Al hacer la operación  $1 - P_T$  se obtiene el porcentaje del tiempo en el cual el operario está realizando las subcategorías improductivas del proceso.

$$I_T = 1 - P_T$$

El tiempo de las subcategorías se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Productividad (min)} = P_T * \text{Tiempo Jornada}$$

$$\text{Improductividad (min)} = I_T * \text{Tiempo Jornada}$$

### 6.2.1.6 Resultados nivel de productividad

A continuación se presentan los resultados por jornada y luego un análisis que las integra.

#### 1. JORNADA DE LA MAÑANA:

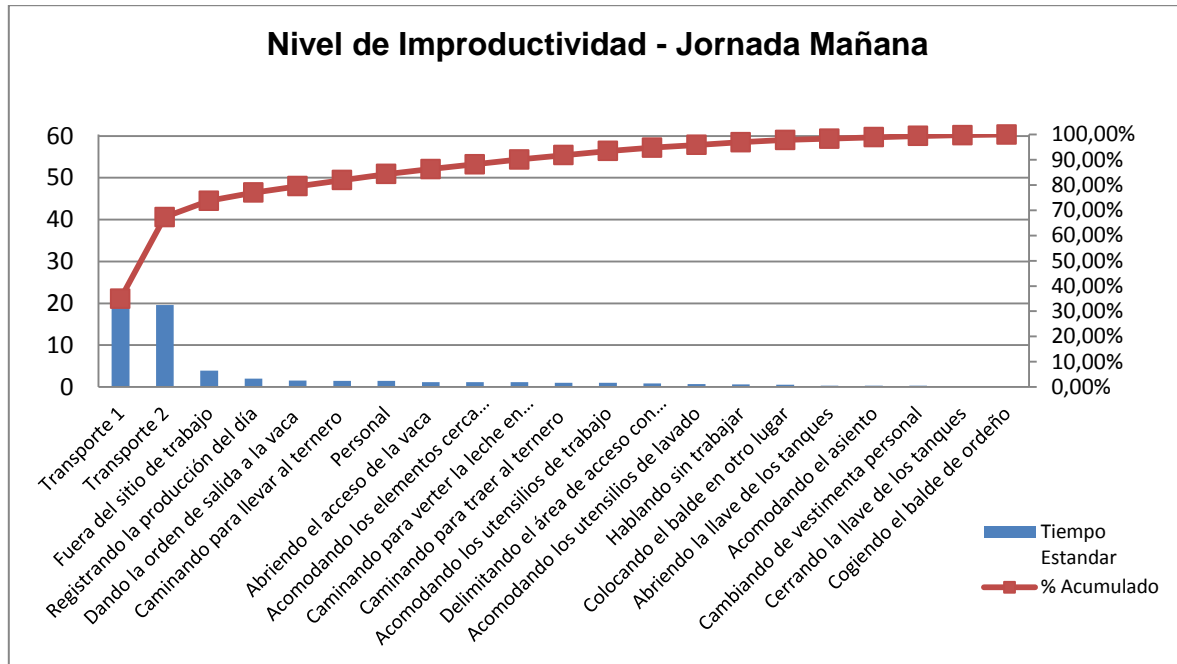
El nivel de productividad actual del recurso mano de obra en la jornada de la mañana, se presenta a continuación:

Productividad	Tiempo (min)	Improductividad	Tiempo (min)
56,11%	77,547	43,89%	60,646

Tabla 12: Nivel de productividad recurso hombre jornada mañana - Información levantada en campo

<sup>66</sup> De las 113 subcategorías definidas, 65 son catalogadas como productivas.

La ponderación de las subcategoría improductivas y el tiempo que se emplea en cada una de estas se presenta en la siguiente ilustración:



**Ilustración 22: Diagrama de Pareto distribución del nivel de improductividad jornada mañana - Información levantada en campo**

Este diagrama de Pareto demuestra que el 80% de la improductividad, se debe a las siguientes subcategorías:

a) **Transporte 1:** hace referencia al tiempo que el operario tardar en ir por el ganado al potrero y volver a la sala de ordeño con este para desarrollar el proceso de ordeño. Esta actividad representa el 34,96% de las categorías improductivas, el 15,34% de la jornada de la mañana y equivale a 21,2 minutos. La causa atribuible a la demora, es la distancia que tiene que recorrer el operario en este transporte; comprendiendo una longitud promedio de 350,63 metros con un coeficiente de variación del 26,75%; lo cual demuestra la variabilidad de los tiempos de transporte por causa de las distancias.

Con un nivel de confianza del 95% se concluye que el nivel de improductividad del transporte 1 está entre el 12,67% y el 18,01%.

b) **Transporte 2:** comprende el tiempo en el cual el operario se desplaza a dejar el ganado en el potrero y vuelve a la sala de ordeño solo. Esta actividad representa el 32,32% de las categorías improductivas y el 14,18% de la jornada de la mañana. Para ambos transportes la distancia de recorrido es la misma, por lo cual se concluye que la distancia es la causa atribuible al nivel de improductividad para el transporte 2.

Aunque la distancia de recorrido sea la misma, el tiempo 2 difiere respecto al 1 porque las vacas luego de ser ordeñadas, por si solas realizan parte del recorrido (a su velocidad) y cuando al operario le toca arriarlas hasta el potrero, el recorrido se hace en cierta medida a la velocidad del operario (mayor que la de una vaca), lo cual tiene como efecto un tiempo menor de transporte.

Con un nivel de confianza del 95% se concluye que la improductividad del transporte 2 está entre el 11,60% y el 16,77%.

La subcategoría “Fuera del sitio del trabajo”, se presenta cuando el operario tiene que asistir alguna vaca, o a un ternero que se soltó, lo que implica la interrupción de la rutina de ordeño para tal fin. Adicionalmente se encuentra la subcategoría “abrir el acceso de la vaca” la cual consiste en retirarla de la sala de ordeño. Estas dos últimas subcategoría comprenden un mínimo tiempo del trabajo del operario.

Adicionalmente, el registro de la producción del día: actividad que se realiza manualmente en una planilla de producción, representa el 3,01% de la jornada y en promedio tarda 1,99 minutos diligenciando el formato.

## 2. JORNADA DE LA TARDE:

El nivel de productividad actual del recurso mano de obra en la jornada de la tarde, se presenta a continuación:

Productividad	Tiempo (min)	Improductividad	Tiempo (min)
57,59%	84,933	42,41%	62,536

Tabla 13: Nivel de Productividad recurso hombre jornada tarde - Información levantada en campo

La distribución del nivel de improductividad por subcategoría y el tiempo que tarda se ilustra a continuación:

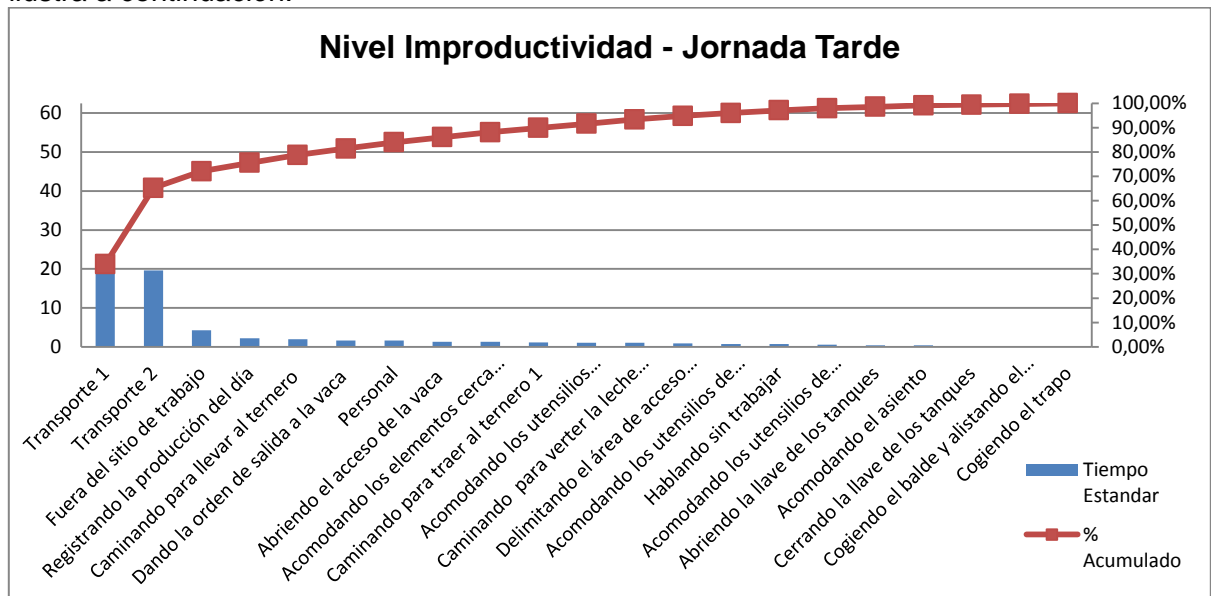


Ilustración 23: Diagrama Pareto distribución de las observaciones improductivas jornada tarde - Información levantada en campo

En el Diagrama de Pareto de la jornada de la tarde, se observa que el 80% de la improductividad se debe a las mismas subcategorías de la jornada de la mañana. Haciendo un comparativo entre la jornada de la mañana y la de la tarde, las causas atribuidas al nivel de improductividad, las subcategorías que comprenden el 80% del problema y que representan el 20,12% de las casusas, son las siguientes:

Subcategoría	F relativa subcategoría	F relativa Proceso	Tiempo (min)	Causa
Transporte 1	34,42%	14,95%	21,211	Longitud de la distancia del recorrido
Transporte 2	31,83%	13,73%	19,160	Longitud de la distancia del recorrido, la cual es la misma que el transporte 1, pero el tiempo es menor dado el flujo del proceso.
Fuera del sitio de trabajo	6,65%	2,87%	4,097	El operario tiene que atender los terneros y las vacas cuando afectan la estabilidad de la rutina porque se enredaron en una cerca, se soltaron o entraron a una zona no permitida. Lo que implica la interrupción del proceso, por atender dichos inconvenientes.
Registrando la producción del día	3,39%	1,46%	2,086	La planilla de producción se lleva una vez se acaba el proceso, y se realiza manualmente. En la mañana, se registra lo de la jornada y en la tarde se registra lo de la tarde y se realiza la suma de las dos jornadas.
Caminando para llevar al ternero	2,79%	1,20%	1,716	En la jornada de la tarde, se observaron que los terneros siempre estuvieron en el proceso, mientras que en la mañana solo fue en un día. Lo anterior afecta el tiempo del proceso porque el operario debe ir al lugar donde se encuentre el ternero, amarlo al brete y luego llevarlo al sitio en donde se encontraba.
Dando la orden de salida	2,57%	1,11%	1,581	Falta de entrenamiento al ganado para que salga cuando se ha terminado de ordeñar o el diseño del puesto de trabajo porque la vaca tiene que caminar hacia atrás para salir.

**Tabla 14: Causas atribuibles al nivel de improductividad mano de obra – Elaborado por el autor**

Por otro lado, en la observación del proceso y en el diagnóstico de la mano de obra, se identificó que la operación de “Ordeño”, es extensa y equivale al 30,12% de la jornada con una duración promedio total de 43,021 minutos y de 8,604 minutos por vaca.

Se trata esta operación como un problema, por la duración que tiene, y aunque sea productiva, por el hecho que sea una actividad monótona y repetitiva, actualmente expone al operario a un alto riesgo de afectaciones musculo esqueléticas.

Se determinó el riesgo a través de una “evaluación ergonómica” basada en tres perspectivas: una definida por Corpoica en un mapa de riesgo; otra que hace referencia a la percepción del operario por la incomodidad antes y después de llevarse a cabo el proceso y, la otra al conocimiento técnico del modelo REBA aplicado a posturas identificadas por observación directa del proceso.

El desarrollo de dichas herramientas se presenta a continuación:



### 6.4.2 Evaluación Ergonómica

Los riesgos que se presentan en el sector agroindustrial son muy variados. Según un informe de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) sobre salud ocupacional, en este sector se tienen los siguientes riesgos:

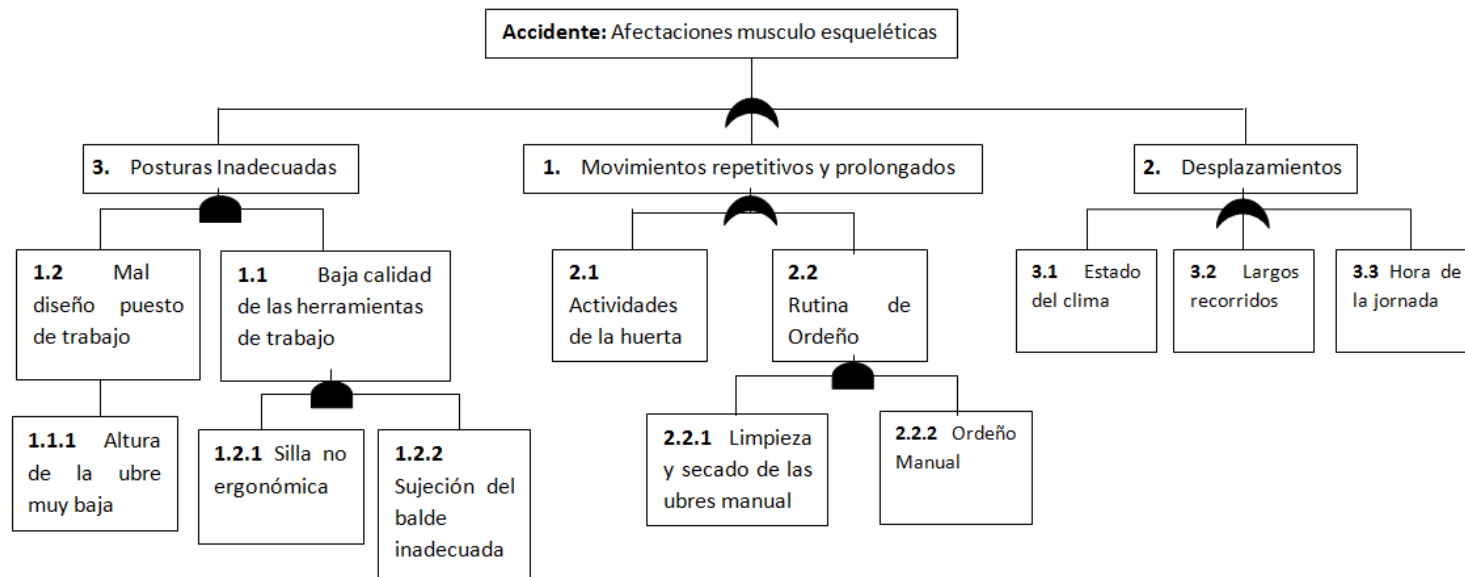
1. EXTERNOS								
Físicos	Químicos	Biológicos	Musculares	Mecánicos	Eléctricos	Locativos	Saneamiento Básico	Naturales
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala iluminación</li> <li>- Ruido excesivo</li> <li>- Calor</li> <li>- Ventilación deficiente</li> <li>- Superficies calientes</li> <li>- Pisos resbalosos</li> <li>- Radiaciones</li> <li>- Humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gases</li> <li>- Humo</li> <li>- Vapores</li> <li>- Polvos de fertilizantes</li> <li>- Polvos de plaguicidas</li> <li>- Líquidos venenosos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bacterias</li> <li>- Virus</li> <li>- Insectos</li> <li>- Equinos y Bovinos</li> <li>- Roedores</li> <li>- Vampiros</li> <li>- Culebras</li> <li>- Plantas venenosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posturas inadecuadas</li> <li>- Levantamiento y transporte de cargas</li> <li>- Movimientos repetitivos</li> <li>- Mal diseño de puestos de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos sin guardas</li> <li>- Trabajos en alturas</li> <li>- Herramientas cortantes</li> <li>- Herramientas en mal estado</li> <li>- Mal apilamiento de material</li> <li>- Tractores e implementos</li> <li>- Falta de mantenimiento de maquinaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto voltaje</li> <li>- Bajo voltaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcciones en mal estado</li> <li>- Desorden en las áreas de trabajo</li> <li>- Falta de señalización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de unidades sanitarias</li> <li>- Ausencia de agua potable</li> <li>- Exposición a aguas negras</li> <li>- Convivir con animales domésticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crecientes y desbordamiento</li> <li>- Derrumbe</li> <li>- Exposición continua al sol</li> <li>- Huracanes</li> <li>- Tormentas</li> <li>- Temblores</li> </ul>
2. PERSONALES								
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monotonía del trabajo</li> <li>- Alta responsabilidad</li> <li>- Jornadas extensas</li> <li>- Preocupaciones</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Angustia</li> <li>- Soledad</li> <li>- Temores</li> <li>- Desmotivación</li> </ul>						

Tabla 15: Elaborada por el autor con información del informe de Salud Ocupacional en la Agroindustria - Corpoica

Los elementos presentados anteriormente se evaluaron en campo, de donde se concluyó que en el proceso de ordeño se encuentran los siguientes:

1. **Físicos:** Calor y Frío.
2. **Biológicos:** Equinos y Bovinos.
3. **Musculares:** Todos los elementos expuestos en la tabla 15.
4. **Mecánicos:** Herramientas cortantes.
5. **Saneamiento Básico:** Ausencia de agua potable.
6. **Naturales:** Exposición continua al sol.

De acuerdo a observación directa, surgió el interés de determinar los riesgos a los que está sometido el operario por los factores musculares. Para ello, se contextualizó la categoría “Afectaciones musculo esqueléticas” de acuerdo a las causas posibles. El siguiente árbol de fallas dimensiona lo que ocurre:



**Ilustración 24: Árbol de fallas para Afectaciones musculo esqueléticas en el proceso de ordeño – Elaborado por el autor**

Aunque las causas asociadas son eventos independientes, en el puesto de ordeño de la Finca Gabeno están presentes todas durante la ejecución del proceso. En primer lugar, las posturas inadecuadas se derivan del diseño del puesto de trabajo de ordeño. Por otro lado están los movimientos repetitivos y prolongados, las causas directas asociadas son: las condiciones ergonómicas presentes en el desarrollo de las actividades de la huerta, y el movimiento repetitivo de la muñeca y mano en la operación de ordeño manual.

A partir del análisis del árbol de fallas, surgió la duda de saber cuál es el impacto que tienen las condiciones ergonómicas actuales del proceso de ordeño en el cuerpo del operario. Para lo anterior se buscó una herramienta de análisis de la carga de trabajo que ayudara a determinar las afectaciones musculo esqueléticas como parámetro inicial, para luego aplicar una herramienta de ergonomía y demostrar así, que lo que está ocurriendo puede ser el panorama que muestra una apreciación subjetiva, o que tal vez las condiciones reales representan un riesgo más alto.

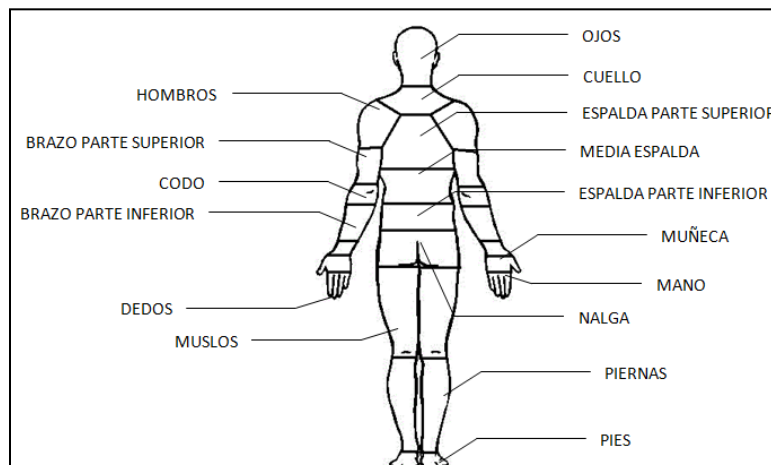
La herramienta que se aplicó fue el estudio de comodidad e incomodidad en las partes del cuerpo (antes y después del proceso de ordeño), la cual se basa en la escala de Borg. Esta escala contempla 3 niveles de percepción de dolor o incomodidad.

Medida	Percepción
0	Apenas notable
5	Moderado
10	Intolerable

**Tabla 16: Niveles de evaluación de la escala de Borg**

La técnica de evaluación se aplicó durante 6 días, en la jornada de la mañana y en la tarde. Su desarrollo tuvo lugar antes y después de cada jornada de ordeño, en donde se registró manualmente en un formulario<sup>67</sup> el nivel de percepción de incomodidad de cada parte del cuerpo y la causa atribuible.

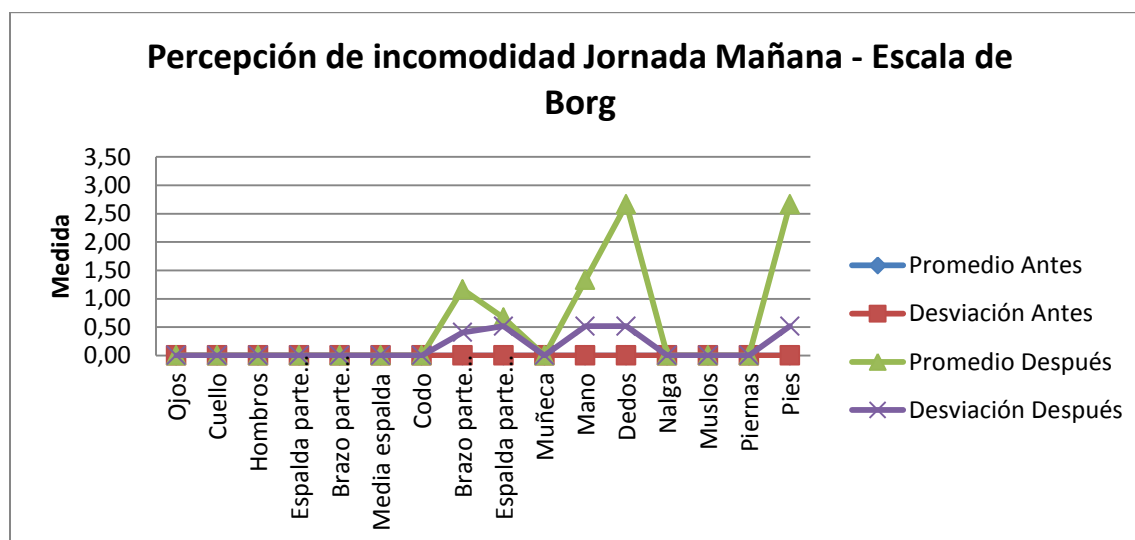
Para tener una idea clara de cada parte del cuerpo, se presenta una ilustración que las describe:



**Ilustración 25: Partes del cuerpo humano evaluadas con la escala de Borg**

<sup>67</sup> Brindado por el Ingeniero Leonardo Quintana.

La percepción sobre la incomodidad de la carga de trabajo, por parte del operario en la jornada de la mañana, es la siguiente:



**Ilustración 26: Percepción de Incomodidad (Antes y Después de la Rutina de Ordeño) utilizando la escala de Borg Jornada Mañana - Información levantada en campo**

Antes de llevarse a cabo el proceso de ordeño en la jornada de la mañana, el operario no presenta incomodidad en alguna parte del cuerpo; esta situación se mantiene a lo largo del tiempo, ya que según él, “dormir”, lo recompone.

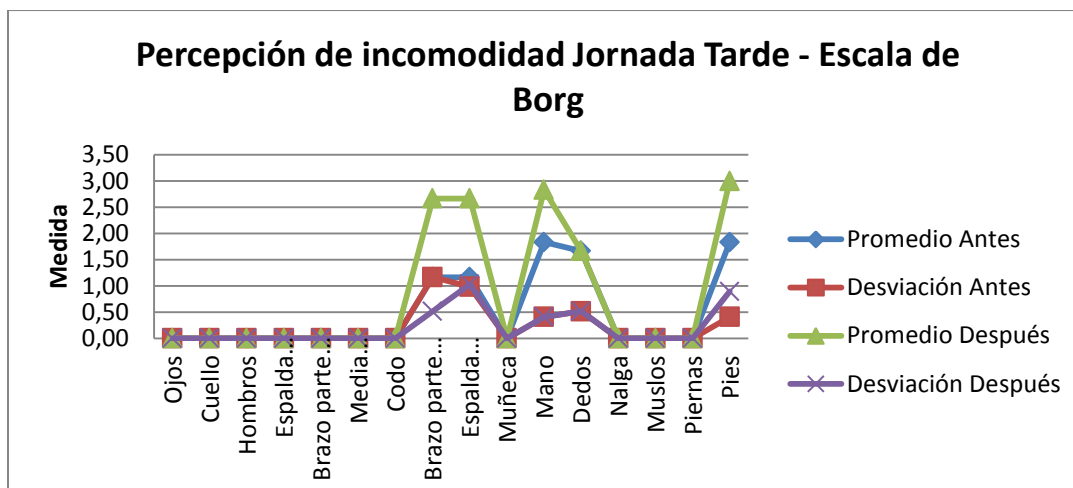
La percepción de la incomodidad después de llevarse a cabo el proceso en la jornada de la mañana varía en algunas partes del cuerpo. En promedio la percepción de dolor de mayor a menor, en primer lugar lo tienen los “Dedos” y los “pies”; con un valor de 2,67 y una desviación de 0,52 para ambos casos. Según el operario, el frío de por la mañana en ciertas ocasiones le limita el desempeño y le causa inconformidad en la ejecución. La moda de estas dos partes del cuerpo es 3.

Luego se encuentra “la Mano”, con una calificación promedio de 1,33 y una desviación de 0,52. El hecho de hacer nudos y deshacer nudos, la rutina de ordeño y de que todas las operaciones en la finca sean manuales se tiene como resultado esta calificación. La moda para esta parte del cuerpo es de 1.

Por último se encuentra el “brazo parte inferior”, el cual tiene una calificación promedio de 1,17 con una desviación de 0,41; con una moda de 1. La causa atribuida a esta incomodidad es el movimiento repetitivo del ordeño, ya que en esta parte se encuentran los músculos empleados en la operación.

Como se mencionó anteriormente, se analizaron ambas jornada de trabajo. La percepción de incomodidad en la jornada de la tarde (ver ilustración 27), se trabajó como independiente, ya que los factores físicos varían un poco. La temperatura<sup>68</sup> y la luz, son los factores más notorios.

<sup>68</sup> La temperatura en la mañana es de 11°C y en la tarde es de 21°C.



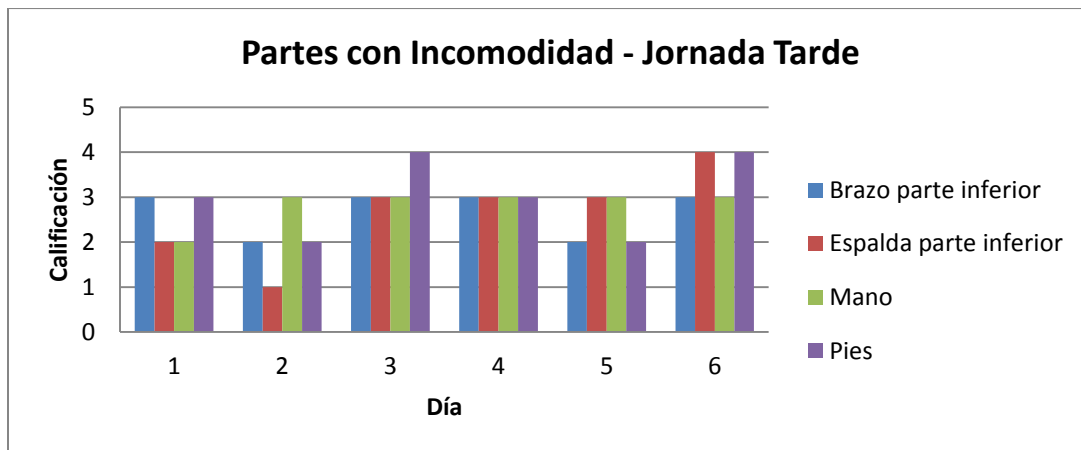
**Ilustración 27: Percepción de Incomodidad (Antes y Después de la Rutina de Ordeño) utilizando la escala de Borg Jornada Tarde - Información levantada en campo**

Las condiciones iniciales de la jornada de la tarde difieren de las finales de la de la mañana ya que la atención del ganado, se hace en el horario comprendido entre las dos jornadas de ordeño. Esta es la razón, por lo cual antes de comenzar el ordeño de la tarde, el operario presenta un nivel de incomodidad en la mano, pies, dedos, brazo parte inferior y espada parte inferior.

La incomodidad promedio de las partes del cuerpo que se acaban de mencionar, están entre 1,17 y 1,83; siendo mano y pies, las de mayor incomodidad. Ambas partes tienen una moda de 2. Respecto a las de menor promedio (brazo parte inferior y la espalda parte inferior), se tiene una desviación mayor que la de las manos y pies. La causa de esto, es que la carga de trabajo difiere en la atención del ganado durante la semana; bien siendo porque ese día se cosecha la comida o por que se transporta la cantina, lo cual genera una desviación para el brazo parte inferior de 1,17 y para la espalda parte inferior de 0,98. La moda del brazo parte inferior es de 0 y de la espalda parte inferior es 2.

La categoría "Atención del Ganado", comprende la cosecha de la comida, el arreglo de la cerca, disposición del agua en el bebedero, la atención de los terneros, la distribución de la leche y el transporte de las cantinas (peso de 56kg) desde la sala de ordeño hasta el punto de procesamiento y distribución.

Al terminar la jornada de la tarde, la incomodidad, solo varía en las partes que presentaron una calificación antes de llevarse a cabo la jornada (analizadas anteriormente). La ilustración 28, resume las partes del cuerpo que presentan incomodidad después del ordeño de la tarde:



**Ilustración 28: Percepción Incomodidad (después jornada tarde) - Información levantada en campo**

Para este caso, el mayor promedio lo tienen los pies, con una incomodidad de 3, una desviación de 0,89. La causa de esta incomodidad, es la distancia del transporte con la exposición constante a los rayos solares, que generan un cansancio en esta parte del cuerpo. La distribución del nivel de incomodidad varía de acuerdo a los recorridos que tenga que hacer el operario en la finca, por necesidades personales o porque su trabajo lo demanda.

El levantamiento de la cantina, las posturas durante el proceso, la postura en la cosecha, sostener el balde durante el ordeño y movimientos bruscos, son las causas de la distribución de la “espalda parte inferior”. El efecto más notorio de la incomodidad es el 6 día, ya que para ese momento, se tiene la acumulación de la carga de trabajo de la semana.

Se observa que el brazo parte inferior y la mano, presentan un comportamiento similar durante la semana y más constante que las otras partes afectadas. La razón de esto es que son las partes del cuerpo que más se utilizan en el proceso de ordeño. Según el operario al momento de ser nuevo en la operación, las molestias en el brazo parte inferior eran constantes. Esto se debe a que en la operación de ordeño, los músculos que se emplean para estimular la ubre de la vaca y permitir así la salida de la leche, se encuentran en esta parte del cuerpo. Sin embargo, el operario manifiesta que ya se acostumbró al movimiento y por lo tanto “no presenta tanto dolor como antes”.

Respecto a la mano, el hecho de que todas las operaciones sean manuales y que no tenga un espacio de descanso durante la jornada de trabajo, tiene como efecto, que se perciba incomodidad al haber terminado de hacer la jornada de la tarde. Aunque actualmente, el operario ya se “halla acostumbrado”, aun percibe incomodidad en la actividad.

Comparando ambas jornadas, se concluye que el brazo parte inferior, espalda parte inferior, manos y pies, son las partes del cuerpo que presentan incomodidad en el proceso de ordeño. La distribución de mayor molestia es como sigue a continuación:

<b>Parte del Cuerpo</b>	<b>Incomodidad Mañana</b>	<b>Causa Mañana</b>	<b>Incomodidad Tarde</b>	<b>Causa Tarde</b>
Pies	Media: 2,67 Desviación: 0,52 Moda: 3	Frio y extensión de los recorridos.	Media: 3 Desviación: 0,89 Moda 3	Frecuencia y Extensión de recorridos.
Dedos	Media: 2,67 Desviación: 0,52 Moda: 3	Frio del ambiente, frio del agua y agarre de implementos constantemente.	Media: 1,67 Desviación: 0,52 Moda 2	Agarre de implementos constantemente.
Mano	Media: 1,33 Desviación: 0,52 Moda: 1	Frio y operaciones manuales.	Media: 2,83 Desviación: 0,41 Moda 3	Más operaciones manuales que en la mañana.
Brazo parte inferior	Media: 1,17 Desviación: 0,41 Moda: 1	Repetitividad del ordeño.	Media: 2,67 Desviación: 0,52 Moda 3	Repetitividad del ordeño, atención del ganado y más operaciones en la tarde.
Espalda parte inferior	Media: 0,67 Desviación: 0,52 Moda: 1	Posturas en el proceso.	Media: 2,67 Desviación: 1,03 Moda 3	Cosecha de alimento, atención del ganado y posturas en el proceso

**Tabla 17: Conclusiones del estudio de incomodidad – Elaborado por el autor**

### 6.4.3 Análisis REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Para profundizar la información preliminar que dio el estudio de comodidad e incomodidad, se aplicó el modelo REBA en las posturas de trabajo identificadas como inapropiadas. Como se mencionó en el marco teórico, existe una información como punto de partida para la aplicación de esta herramienta. Para el caso de estudio se muestra a continuación:





Item	Información Preliminar
1. Periodo de tiempo de observación	12 jornadas de trabajo, con una duración promedio de 2 horas y 24 minutos.
2. Subtareas	1. Ordeñando la vaca
	2. Lavando la ubre de la vaca
	3. Secando la ubre de la vaca
	4. Amarrando las patas de la vaca.
3. Posturas Identificadas	
1. Ordeñando la vaca	2. Lavando la ubre de la vaca
	
3. Secando la ubre de la vaca	4. Amarrando las patas de la vaca
	

Tabla 18: Información preliminar para aplicar el REBA- Elaborado por el autor

El desarrollo del modelo se encuentra en Anexo 9: Desarrollo Modelo REBA (Rapid Entire Body Assessment) y los resultados son los siguientes:



	Ordeñando la vaca	Lavando la ubre	Secando la ubre	Amarrando las patas de la vaca
Puntuación Tabla C	7	11	11	8
Puntuación Actividad	3	1	1	1
<b>PUNTUACION REBA</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>9</b>
<b>NIVEL DE ACCIÓN</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>Alto</b>	<b>Muy Alto</b>	<b>Muy Alto</b>	<b>Alto</b>
<b>ACTUACIÓN</b>	<b>Cuanto Antes</b>	<b>De Inmediato</b>	<b>De inmediato</b>	<b>Cuanto Antes</b>

Tabla 19: Nivel de riesgo identificado en las posturas evaluadas – Elaborado por el autor

Además de esto, cabe resalta la participación que tienen estas actividades actualmente. Por lo cual, se ilustra el tiempo al que está expuesto el operario en cada una de ellas y de esta forma, percatarse de la importancia de intervenir el proceso según los resultados del modelo REBA.

Postura	Promedio Exposición	Intervalo Confianza 1- $\alpha$ =95%		Tiempo exposición /Jornada	Intervalo tiempo exposición (Vaca/día en min)	
Ordeñando la vaca	30,12%	27,72%	33,52%	43,021	7,15	8,64
Lavando la ubre	1,21%	0,64%	2,03%	1,728	0,31	0,52
Secando la ubre	1,09%	0,55%	1,86%	1,5568	0,28	0,48
Amarrando las patas de la vaca	4,25%	3,20%	5,75%	6,07	1,10	1,48
<b>TOTAL</b>	<b>36,69%</b>			<b>47,30</b>	<b>8,84</b>	<b>11,13</b>

Tabla 20: Tiempos de exposición de posturas evaluadas con el modelo REBA – Elaborado por el autor

Con base a los resultados obtenidos, se identificó que el operario en las posturas evaluadas está en alto riesgo. Ordeñando la vaca, el operario está en las mismas condiciones en promedio el 30,12% de la jornada, sin embargo este tiempo se distribuye en 5 momentos independientes del proceso<sup>69</sup>, lo que da como resultado un tiempo continuo de exposición de 7,77min/vaca. El tiempo mínimo es de 7,15 min/vaca y el máximo es de 8,64min/vaca; la diferencia radica en la vaca que se está ordeñando, ya que la producción por cabeza puede estar entre 5litros/ordeño y 8,5litros/ordeño.

En el estudio de tiempos, se contempló esta categoría como productiva y ya se puede ver, que aunque a simple vista se está siendo productivo por esta actividad, se está viendo afectado el proceso en términos en que su mano de obra no está siendo usada eficientemente. Se pensaría que cumplen con el proceso, pero a costas de un riesgo alto por posturas.

La poca visibilidad, la flexión y torsión del tronco, la flexión e inclinación del cuello, la flexión y abducción del brazo, la flexión del antebrazo y la constante flexión y desviación de la muñeca, son las causas atribuibles al riesgo alto que presenta la postura de ordeño. Además de esto, el acto repetitivo y monótono de la operación ha generado en el operario incomodidad en: brazo parte inferior, espalda parte inferior, manos y pies. Este análisis acompañado del tiempo de exposición, refleja la urgencia de rediseñar el proceso desde el punto de vista del puesto de trabajo.

<sup>69</sup> Cada vaca representa una operación diferente en el estudio, por el hecho que entre vaca y vaca hay operaciones de alistamiento que interrumpen el tiempo de exposición continuo.

Lavando y secando la ubre, el operario tiene las mismas posturas y representan de igual manera al caso anterior, un riesgo muy alto. Las causas de este riesgo alto son: inclinación y flexión de tronco y cuello, inestabilidad de la postura, flexión y abducción del brazo y flexión y desviación de la muñeca por encima de los rangos bajos.

El tiempo de exposición continuo en el lavado y secado de la ubre por vaca es apenas de 35 segundos en promedio, pero si se tiene en cuenta que estas operaciones se realizan para 5 vacas y en dos momentos del día, se tiene un tiempo de exposición de 6 min, lo cual implica un punto de partida en el rediseño del proceso en la metodología de limpieza de la ubre.

Por observación directa, se asegura que los cambios de postura en estas dos últimas actividades, son bruscos. Para ambos casos, el operario se agacha y se levanta constantemente, sin flexionar las rodillas, hace torsión del brazo, antebrazo y muñeca. Aunque el tiempo de exposición no sea tan representativo como el ordeño, el modelo REBA ha catalogado estas posturas con nivel alto, y aun cuando el operario crea que se “acostumbró” a realizar la operación con este hábito, no comprende la dimensión del efecto que estas posturas pueden tener a un largo plazo.

Por último se tiene “Amarrando las patas”, donde el tiempo medio de exposición por jornada es de 6 min aproximadamente y se presentó problemas en: tronco, cuello piernas, brazo y antebrazo.

### **6.5 Resultados del Diagnóstico**

Acorde a la planeación estratégica de la Finca Gabeno, se encontró que los procesos operativos son los que más consumen: recursos naturales no renovables y mano de obra y no se ajustan a las directrices de la agricultura biodinámica y orgánica. Con base en lo anterior se profundizó en el proceso de ordeño, porque se identificó ser ésta la actividad que absorbe el 100% de los recursos y a su vez es la que menos cumple con la “sostenibilidad en el uso de los recursos”.

Los recursos no renovables analizados fueron: agua, luz, terreno, pastos y animales, encontrando que el agua es el recurso más sensible y vulnerable en el proceso de ordeño. Complementariamente la mano de obra se identificó como el recurso gestor en todo el proceso, luego es el que más responsabilidad directa tiene en el manejo del recurso hídrico; y acorde con la filosofía de la planeación estratégica de Gabeno (Biodinámica), se establece que la mano de obra debe ser usada eficazmente, es decir minimizar su uso para ser empleada en otras actividades complementarias, de forma equilibrada con operaciones que impliquen el concurso de este recurso humano.

Para comprobar lo anterior se procedió a determinar el nivel de productividad del uso de cada recurso en el proceso de ordeño y se encontraron los siguientes problemas más relevantes en el incumplimiento de la estrategia:

- a) En el recurso Agua:
  - No reciclan ni reutilizan el recurso.
  - No se controla el consumo del recurso.
  - No hay metas de consumo definidas.
  - El uso en el lavado es ineficaz.
  - Existen pérdidas por evapotranspiración en la hidratación del ganado.

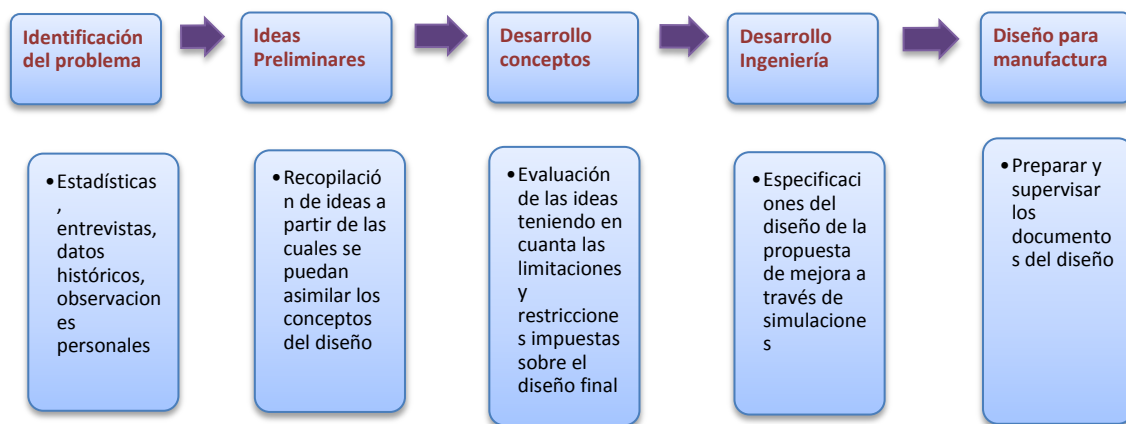
b) En el recurso Mano de Obra:

- Alta participación (35%) de la jornada laboral en la actividad de transporte.
- Alto riesgo de afectaciones musculo esqueléticas en las posturas de ordeño, lavado y secado de ubre y amarrado de patas.
- Alto tiempo de exposición por jornada (47,30min equivalente al 37% de la jornada) en: ordeño, lavado y secado de ubre y amarrado de patas.
- Las partes del cuerpo más afectadas en el proceso de ordeño son: cuello, espalda parte inferior, brazo parte inferior, manos y pies.

Conociendo los problemas en el incumplimiento de la filosofía de la finca, se procedió a diseñar la propuesta de solución a fin de disminuir el impacto que se tiene en el uso de estos recursos y garantizar la sostenibilidad en el proceso de ordeño. La metodología utilizada fue el “diseño en ingeniería” y su desarrollo se presenta a continuación:

## 7. DISEÑO EN INGENIERÍA

En la siguiente ilustración, se muestran las etapas del proceso de diseño en ingeniería y la información requerida en cada una de ellas:



**Ilustración 29: Etapas Proceso de diseño en ingeniería – Elaborado por el autor con información de la Universidad Nacional de Buenos Aires**

En la presente investigación se desarrolló el proceso de ingeniería desde la “identificación del problema” hasta el “desarrollo en ingeniería”, esto con el fin de dar cumplimiento a lo estipulado en los objetivos del estudio. Las etapas contempladas en el proceso de diseño se muestran a continuación:

### 7.1 Identificación de Problemas

Los problemas que se tuvieron en cuenta para plantear la propuesta de solución, están plasmados en el numeral “6.5 Resultados del Diagnóstico”.

### 7.2 Ideas de solución

Para obtener las alternativas de solución se realizó el siguiente proceso:

- Búsqueda de alternativas de solución para cada problema detectado.
- Estimación del consumo (por alternativa de solución) de cada categoría del concepto “agua virtual” (servicios, hidratación, alimento), basado en información de proveedores comerciales y estudios en artículos científicos.

- Cálculo del nivel de productividad en el uso del recurso hídrico por alternativa.
- Estimación de los tiempos de: recorrido, proceso (sin transportes) y de la jornada para cada alternativa de solución.
- Estimación del impacto en las condiciones ergonómicas del puesto de trabajo y en la calidad del producto (por alternativa) de acuerdo a los siguientes criterios:

Criterio	Puntuación
No altera las condiciones iniciales	0
Afecta las condiciones iniciales	1
Enfocada directamente a modificar las condiciones iniciales	2

**Tabla 21: Criterios de calificación de alternativas de solución sobre las condiciones ergonómicas – Elaborado por el autor**

El desarrollo de los pasos enunciados anteriormente se encuentra detalladamente resuelto en el Anexo 10: Alternativas de solución y los indicadores de productividad. En éste anexo se enuncian “*las alternativas de solución*”, se determinan las “*ventajas y desventajas*” del uso de cada una de ellas, la “*estimación en el consumo de agua*” (y su fuente de información) y del “*tiempo de uso de la mano de obra en transporte*”, en el “*proceso*” y en la “*jornada*”.

- Selección de las alternativas de solución.

La selección de las alternativas de solución que componen la “propuesta de solución”, se realizó a través de un proceso de evaluación y priorización teniendo en cuenta los resultados de consumo obtenidos en los pasos anteriores. El proceso se enuncia a continuación:

1. Evaluación de las alternativas de solución, se partió de los recursos priorizados, de los indicadores formulados en la etapa del diagnóstico y se plantearon criterios de puntuación como se ilustra en la tabla a continuación:

Recurso	Indicador	Criterio	Puntuación
Agua	Producción leche/Agua virtual	Si (valor de alternativa j) < (valor actual)	1
		Caso Contrario	0
	Agua recirculada /Agua consumida	Si (valor de alternativa j) > (valor actual)	1
		Caso Contrario	0
	Agua consumida / Meta de Gabeno	Si (valor de alternativa j) > (valor actual)	1
		Caso Contrario	0
Mano de Obra	Tiempo recorrido y tiempo proceso.	Si (valor de alternativa j) < (valor actual)	1
		Caso Contrario	0
	Condiciones ergonómicas	Si [(valor de alternativa j) - (valor actual)] = 1	1
		Si [(valor de alternativa j) - (valor actual)] > 1	2
		Caso Contrario	0
Leche	Inocuidad de la Leche	Si [(valor de alternativa j) - (valor actual)] = 1	1
		Si [(valor de alternativa j) - (valor actual)] > 1	2
		Caso Contrario	0

**Tabla 22: Criterios de calificación del efecto en los indicadores de productividad – Elaborado por el autor**

En esta tabla de evaluación de las alternativas se incluyó el recurso “leche” porque cualquier modificación en el sistema productivo converge en éste producto final.

Como no todas las alternativas tenían el mismo impacto en los indicadores de productividad, se procedió a incrementar la puntuación de las alternativas que

presentaran una mayor diferencia porcentual respecto a la línea base actual de los indicadores. El criterio con el que se incrementó la puntuación se presenta a continuación:

Criterio	Incremento
Si ((Indicador alternativa j – Indicador actual) / (Indicador actual)) es de los mayores de todas las alternativas	+1
Caso contrario	Queda igual

**Tabla 23: Criterio de incremento por el efecto de la alternativa j en el indicador i – Elaborado por el autor**

2. Sumar la puntuación de los 7 indicadores para cada alternativa.

$$Puntuación\ total\ de\ la\ alternativa = PT = \sum_{i=1}^{i=7} Puntuación\ del\ indicador\ i$$

3. Calcular el promedio<sup>70</sup> de puntuación de las 16 alternativas (j) contempladas.

$$Promedio\ puntuación\ alternativas = \frac{\sum_{j=1}^{j=16} PT}{16}$$

4. Preselección de las alternativas de solución de acuerdo al siguiente criterio:

Criterio	Opción
Si “Promedio puntuación alternativas” > “Puntuación de la alternativa j”	Se escoge la alternativa j
Caso Contrario	No se escoge la alternativa j

**Tabla 24: Criterios de preselección de las alternativas de solución- Elaborado por el autor**

El desarrollo de los pasos del “proceso de preselección” se encuentra detallado en el Anexo 11: Calificación y preselección de las alternativas. En éste anexo se presenta la “calificación obtenida de los 7 indicadores” contemplados por cada una de las alternativas de solución y la “puntuación total por alternativa”, de acuerdo a la cual se determinó si se “preseleccionaba o no”.

5. Priorización de las alternativas de solución seleccionadas.

Del paso anterior se concluyó que de las 16 alternativas de solución, 6 presentaban la mayor calificación, pero dado el alcance de la presente investigación se priorizaron para seleccionar de éstas las más representativas y así realizar un análisis a mayor profundidad. Como etapa inicial de la priorización, se evaluaron las alternativas de acuerdo al complemento que existiera entre éstas. El criterio de evaluación para mayor claridad se presenta a continuación:

Criterio	Opción
Si las alternativas j <sub>1</sub> y la alternativa j <sub>2</sub> se complementan	PT <sub>1</sub> + PT <sub>2</sub>
Si no se complementan	PT <sub>1</sub>

**Tabla 25: Criterio de evaluación de las alternativas que conformas la propuesta de solución – Elaborado por el autor**

El desarrollo de la priorización se encuentra detallado en el Anexo 12: Priorización de las alternativas de solución. En éste se puede observar la matriz de 6X6, en la cual se

<sup>70</sup> Del total de alternativas, solo se tuvo en cuenta la que impactara al menos un indicador.

evaluaron por pares las 6 alternativas preseleccionadas. La evaluación se realizó fila respecto a columna; por ejemplo: la fila 1 corresponde a la alternativa “implementación de sistema a presión para lavado de la sala de ordeño” y al compararla con la columna 5 “Ordeño en potrero con estructura móvil con ordeño manual” se identifica (cualitativamente) que no existe complemento porque son excluyentes; por consiguiente la calificación de éste par es la de la alternativa correspondiente a la fila (es decir: 3). En caso que existiera complemento, la calificación de ambas alternativas se sumaría.

Complementariamente en el anexo 12 se observa la columna “TOTAL”, en la cual se computaron todas las calificaciones obtenidas por fila y así proceder a seleccionar la alternativa de mayor puntuación. Adicionalmente se calculó el promedio sumando todas las puntuaciones de cada par y ese total se dividió entre los 30 de pares encontrados.

Luego de esta operación, se procedió a escoger las alternativas de solución (por columna) que tuvieran el mayor puntaje respecto al promedio de los 30 pares.

A partir de ésta selección (por fila y columna) se concluyó que la propuesta de solución estaría compuesta cuatro alternativas planteadas en la siguiente tabla:

No.	Alternativa
1	Ordeño manual en potrero con estructura móvil.
2	Uso de solución desinfectante de presellado y sellado de la ubre.
3	Sistema de tratamiento de efluentes.
4	Replantear las rutas de transporte del ganado.

Tabla 26: Alternativas que conforman la propuesta de solución – Elaborado por el autor

### 7.3 Desarrollo Conceptos

Una vez seleccionadas las alternativas, se procedió a plantear específicamente por cada una los requisitos (funcionales y operativos) y las restricciones, para definir los parámetros del diseño de la propuesta final de solución. Estos se detallan en la tabla siguiente:

#### 7.3.1 Requisitos y restricciones

Alternativa	Requisitos Funcionales	Requisitos Operativos	Restricciones
Ordeño manual en potrero con estructura móvil.	<p><b>¿Qué debe hacer?</b> El puesto de ordeño debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazar el puesto de ordeño al potrero.</li> <li>• Reducir la distancia y el tiempo de recorrido del operario.</li> <li>• Reducir el riesgo de afectaciones musculoesqueléticas del operario.</li> <li>• Mantener la seguridad del operario.</li> <li>• Facilitar la salida de la vaca.</li> </ul> <p><b>¿Cómo lo debe hacer?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La distancia y el tiempo de recorrido se reducen con un puesto de ordeño en potrero, apto para el ganado y seguro para el operario.</li> </ul>	El puesto de ordeño móvil se consigue comercialmente, pero la postura en la operación de ordeño se mantendría como la actual en Gabeno. Por lo tanto hay que implementar sistemas adicionales para reducir el riesgo de afectaciones musculoesqueléticas y replantear el diseño del existente en el mercado.	<p>El peso de la estructura debe ser tal que lo pueda mover un animal de tracción (disponibles en la finca).</p> <p>El diseño se ve limitado en el uso de materiales por las cargas (peso) presentes en el proceso de ordeño; a saber: la vaca, el operario, la estructura del puesto de trabajo y la cantina de leche.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con un sistema que facilite su transporte, siendo ligera la estructura y resistente a la humedad.</li> <li>• Las afectaciones musculoesqueléticas se mejoran si: la flexión del tronco se reduce y se elimina la torsión de este; se reduce la flexión y la inclinación del cuello; se reduce la flexión de las piernas y brazo y abducción de este último y si reduce la desviación y flexión de la muñeca.</li> </ul>		
Uso de solución desinfectante de presellado y sellado de ubre	<p><b>¿Qué debe hacer?</b> Limpiar la ubre de cada vaca y garantizar la inocuidad del producto, reduciendo el consumo de agua en la operación de lavado.</p> <p><b>¿Cómo lo debe hacer?</b> Con medidas estandarizadas de disolución de los productos existentes.</p>	El producto se consigue en un agrocentro especializado.	El contenedor del producto (presellador) debe estar al alcance del operario en la operación de lavado, para no afectar la productividad de la mano obra buscando este implemento.
Sistema de tratamiento de efluentes.	<p><b>¿Qué debe hacer?</b> Tratar el agua consumida en el lavado de los implementos de ordeño, para darle un segundo uso en el riego de la huerta.</p> <p><b>¿Cómo lo debe hacer?</b> A través de tanques de sedimentación y de degradación biológica.</p>	El espacio para los tanques debe ser apropiado y, la capacidad de los mismos debe estar acorde al flujo de este recurso en el proceso de lavado.	El tiempo de tratamiento debe ser corto para garantizar la disponibilidad del agua tratada para el riego.
Replantar las rutas de transporte del ganado	<p><b>¿Qué debe hacer?</b> Reducir la distancia de recorrido del operario con el ganado por la finca.</p> <p><b>¿Cómo lo debe hacer?</b> Calculando la distancia entre la sala de ordeño actual y el centro de gravedad de cada potrero. Luego se realizan iteraciones para saber cuál es la ruta más corta.</p>	Las rutas de recorrido se definen con el plano de la finca.	Hay que manejar los corredores externos de la huerta, sin modificar la distribución del cultivo.

**Tabla 27: Fase conceptual del Proceso de Diseño en Ingeniería – Elaborado por el autor**

De conformidad a lo planteado en la fase conceptual, se estructuró por cada alternativa la solución más eficiente acorde con la filosofía, la capacidad instalada y los recursos económicos disponibles en la Finca Gabeno.

### 7.3.2 Estructuración de las Alternativas

Para dar cumplimiento al diseño de la propuesta de solución, se dio cobertura a todos los parámetros definidos en las alternativas seleccionadas. Para hacerlo más específico se enuncia la metodología por cada una de éstas alternativas:

#### a) Ordeño manual en potrero con estructura móvil.

Dado que el enfoque de esta alternativa es reducir la distancia y tiempo de recorrido, se determinó que el proceso de ordeño se debería llevar a cabo en el potrero y no en la sala de ordeño actual. La solución que más se ajusta a los requisitos funcionales y operativos a nivel comercial es la siguiente:



Ilustración 30: Puesto de ordeño a nivel comercial- Fuente Agrocerezo

Con el puesto de ordeño que se consigue a nivel comercial, las condiciones ergonómicas de trabajo no varían respecto a las actuales en la finca Gabeno y su capacidad es de dos puestos superando las necesidades de la finca. Esto implicó plantear modificaciones en el diseño de la estructura para que se tenga un solo puesto de ordeño y para que el operario al sentarse mantenga una postura adecuada.

Como las afectaciones en el operario (en la operación de ordeño) se deben a la altura de la ubre de la vaca respecto al piso, se pensó en incrementar ésta altura y se determinó que la solución más eficiente sería colocar una estiba plástica<sup>71</sup> con una altura de 25cm<sup>72</sup>. El resultado gráfico se ilustra a continuación:

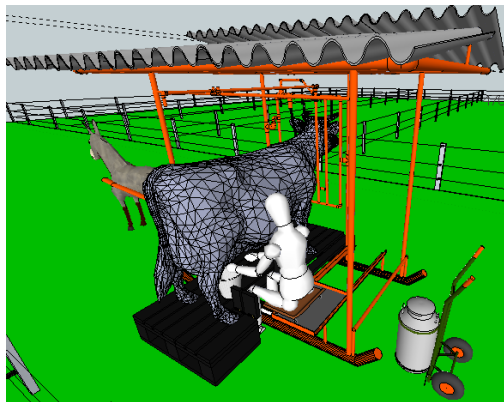


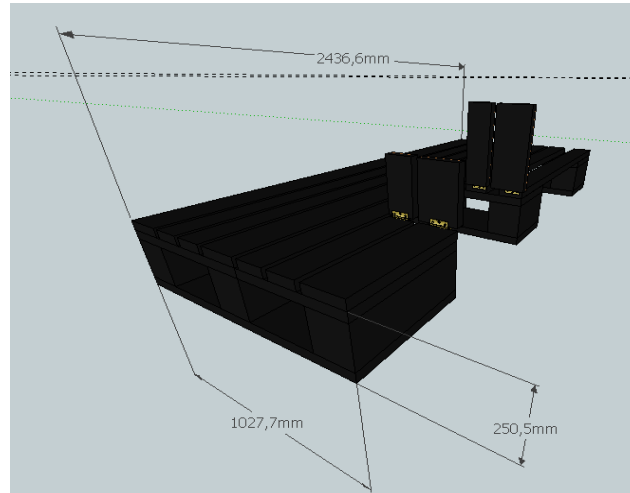
Ilustración 31: Puesto de ordeño móvil – Elaborado por el autor en Google SketchUp

<sup>71</sup> Según cotización de Industrias Simoda, fabricante de estibas plásticas, afirmó que la estiba resiste hasta una tonelada.

<sup>72</sup> Según la Zootecnista Niyired Orozco, Ganadera con 20 años de experiencia afirmó que una altura apropiada es de máximo 30cm.



Las dimensiones de la estiba son las siguientes:



**Ilustración 32: Dimensiones de la estiba – Elaborado por el autor**

Las dimensiones de la estiba se tomaron de establos móviles existentes en el mercado y el peso según Industrias Simoda (fabricante de estibas plásticas en Colombia) es de 40kg. Además confirmaron que la estiba soporta hasta una tonelada, lo cual justifica su implementación en esta investigación porque una vaca en Gabno pesa aproximadamente 450 kg.

En la ilustración 31 se observa, que la estiba tiene espacio para que el operario introduzca funcionalmente las piernas. Adicionalmente está acorde con el requerimiento de que el operario alcance fácilmente a los pezones más retirados, reduciendo la flexión de: tronco, cuello, brazo y antebrazo. Las medidas del ancho de apertura de la estiba y del asiento, se determinaron de acuerdo a las tablas<sup>73</sup> de Antropometría de Panero, tomando el percentil 95 para hombres. El sistema de apertura de la estiba, se propone con bisagras de hierro que resistan una vaca en movimiento.

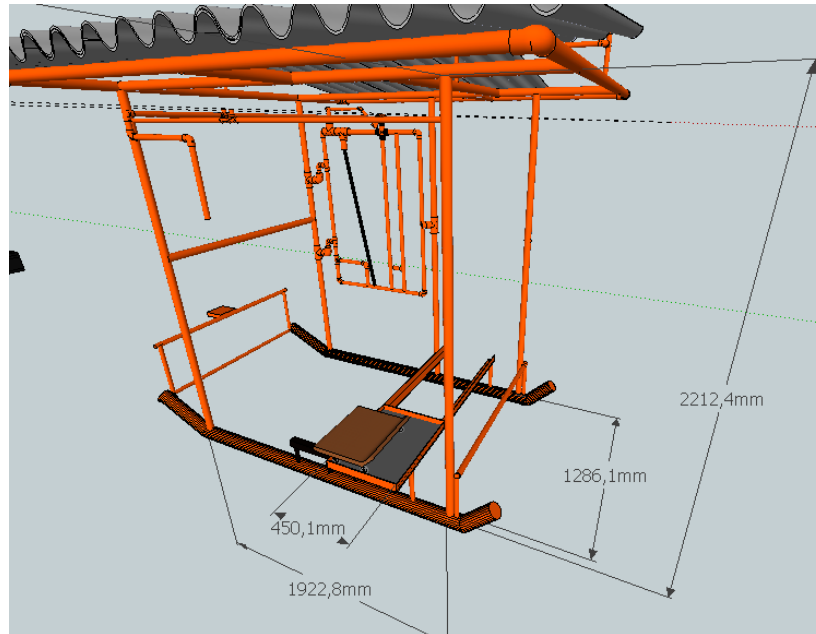
Por otro lado el diseño del asiento es ergonómico porque reduce la flexión de las rodillas, distribuye el peso del operario en una mayor área y no requiere de manipulación, únicamente requiere de inercia del operario para moverse (como la tipología de una silla de computador). Como el asiento está soportado en una lámina de acero, se utilizarán rodachinas de polietileno en la parte inferior del asiento para mantener una fricción que permita desplazarse, pero que no deslizarse.

La base de la estructura del puesto de ordeño en el mercado comercial se fabrica en tubería agua negra (resistente a la humedad y facilita el deslizamiento en pasto) de 2½” y el resto de la estructura en tubería agua negra de 1”. El peso total aproximado de la estructura de ordeño (color naranja) y de la estiba (color negro) es de 200 kg. Se aclara que las dos estructuras son independientes.

Las dimensiones del puesto de ordeño móvil son las siguientes:

---

<sup>73</sup> Panero, J. (2006). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores estándares antropométricos*.

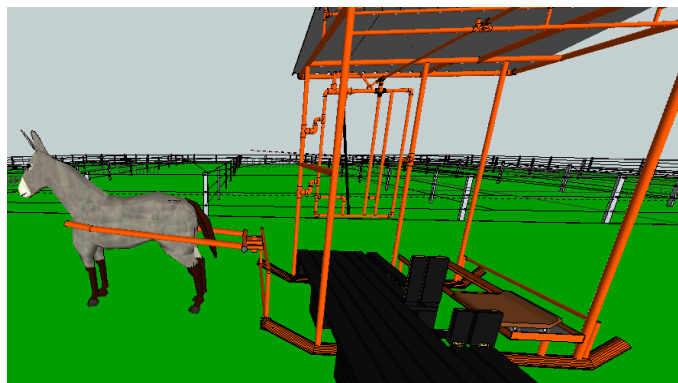


**Ilustración 33: Dimensiones del puesto de ordeño móvil - Elaborado por el autor**

Se observa en la ilustración 33 que el ancho es de 1,92 metros, la profundidad es de 1,29 metros y la altura es de 2,21 metros. Frente a los establos comerciales, el ancho se incrementó en 65 cm, espacio apropiado para que el operario se siente. En la profundidad la distancia se mantuvo igual a la comercial.

El techo del puesto de ordeño a nivel comercial, se hace en teja de zinc #10 y se ajusta a la tubería de las estructura con amarres plásticos.

El sistema de transporte de la estructura del puesto de ordeño es de tracción animal según especificaciones de los fabricantes. Se seleccionó un burro para la tracción de la estructura, y se afirma que éste tiene la capacidad de arrastre, según especificaciones plasmadas en el Estudio FAO Producción y Sanidad Animal: “*El burro como animal de trabajo: manual de capacitación*”<sup>74</sup>. Según el estudio, un burro arrastra hasta 500kg en pasto.



**Ilustración 34: Sistema de tracción animal para transporte de puesto de ordeño móvil – Elaborado por el autor**

<sup>74</sup> FAO. (2000). El burro como animal de trabajo. *Estudio FAO Producción y Sanidad Animal*. Roma: ISBN 92-5-304455-1

Sintetizando, con la implementación del puesto de ordeño móvil, se tendría una reducción en el consumo del agua del 71,44%<sup>75</sup> dado que no se requiere lavado del piso de la sala de ordeño.

**b) Uso de solución desinfectante de presellado y sellado de ubre.**

Las buenas prácticas de producción de leche, estipulan el uso de soluciones desinfectantes para la limpieza de la ubre antes de realizarse el ordeño, aclarando que no es suficiente el solo uso de agua. Para la limpieza de la ubre antes de llevarse a cabo el proceso de ordeño y para sellarlas al finalizar el proceso, en el mercado se consiguen los productos Novasan y Yodonova, que no requieren de disolución en agua. Son desinfectantes que al ser aplicado sobre la piel de los pezones de las vacas forman una película protectora antiséptica que no obstruye el canal galactóforo y mantiene la acción durante 24 horas.

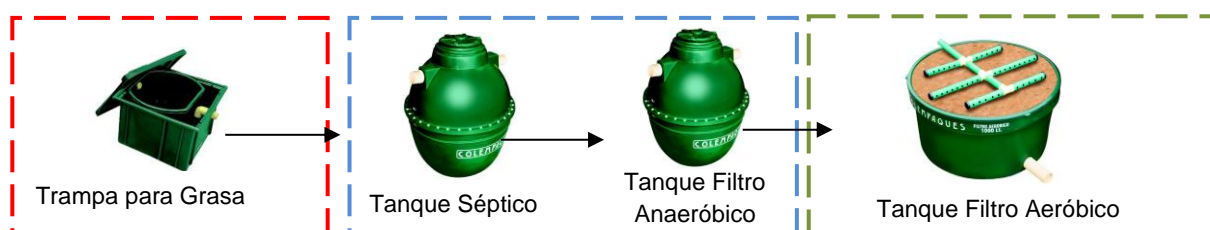
Con los productos mencionados anteriormente, se busca mayor calidad en el proceso de lavado y bienestar del animal, al reducir “*significativamente los riesgos de infección intramamaria causado por los principales agentes de mastitis bovina*”<sup>76</sup>.

En relación con el recurso hídrico el uso de soluciones desinfectantes de presellado y sellado de ubre, contribuye a la sostenibilidad en el uso de este recurso no renovable.

**c) Sistema de tratamiento de efluentes.**

El tipo de agua que se va a tratar en el proceso de lavado es catalogada como “agua negra” por contener grasas, jabón y residuos orgánicos. Por tal motivo, para su tratamiento, se requiere de productos de uso comercial específicos para el tratamiento de este tipo de agua. Producto de un sondeo en el mercado, se llegó a la conclusión que los sistemas de mayor calidad son ofrecidos por Rotoplast y Colempaques.

Para mayor ilustración se muestra a continuación las etapas del sistema de tratamiento de efluentes, con el cual se garantiza un segundo uso del agua en el riego de la huerta:



**Ilustración 35: Sistema de tratamiento de efluentes – Elaborado por el autor con información de Rotoplast**

El sistema de tratamiento de efluentes está compuesto por tres etapas, las cuales se describen a continuación con el respectivo tiempo de procesamiento.

Etapa	Descripción	Tiempo Proceso (Días) <sup>77</sup>
Tratamiento Primario	Retención de sólidos gruesos a través de rejillas o angeos. De manera complementaria se puede implementar un tanque trampa de grasa.	0

<sup>75</sup> Mayor detalle en el numeral 7.4.1 Simulación Recurso Agua.

<sup>76</sup> Novalfarm Ltda. Laboratorio Farmacéutico Veterinario.

<sup>77</sup> Los tiempos de tratamiento del agua residual en cada una de las etapas, se obtuvieron con base en la experiencia de la Bióloga – Microbióloga Luisa García, la cual desarrolló su tesis de pregrado y de maestría en el tema.

Tratamiento Secundario	Sedimentación de sólidos y disminución de DBO <sup>78</sup> del efluente en un tanque séptico.	1
	Filtración del agua proveniente del pozo séptico en un tanque filtro anaeróbico utilizando grava #4.	1
Tratamiento Terciario	Degradación biológica con bacterias eficientes activas, en un tanque filtro aeróbico.	2

**Tabla 28: Etapas de Tratamiento de Aguas Residuales – Elaborado por el autor**

Con este sistema, se busca recircular 20,26Lt/día de agua consumida en el proceso de ordeño, el cual hace referencia al volumen de agua que se utiliza para lavar los baldes, el embudo, las cantinas, la malla y el filtro de tela.

Con el sistema de tratamiento de aguas residuales, se producirá 500Lt<sup>79</sup> cada 25días<sup>80</sup> aproximadamente. Esta agua que ha sido tratada, según asesoría con Mario Muñoz – Asesor Comercial de Colempaques y el manual del sistema “Tratamiento de Aguas Residuales” suministrado (vía correo electrónico) por Colempaques y Rotoplast, tiene cuatro opciones de uso: pozo de absorción, vertimiento en corriente de agua, campo de infiltración y riego. Para este estudio se escogió el riego, ya que como se mencionó anteriormente, del concepto “Agua Virtual”, se desprende la categoría “alimentación” y en Gabeno ésta la realizan con productos cultivados por la misma finca.

La alternativa se optimizaría en mayor grado con la dotación de una motobomba para extraer el agua tratada del “Tanque Filtro Aeróbico”. Para racionalizar los costos, es más eficiente, bombear el agua del tanque cuando esté lleno; es decir cada 25 días. Se propone adquirir una motobomba de ½hp, diferente a la capacidad de las existentes en la finca (4,8 hp y 5 hp), porque implicaría sobrecostos de operación.

La motobomba propuesta para el sistema de tratamiento de aguas residuales, tiene las siguientes especificaciones:

Concepto	Valor	Medida
Potencia <sup>81</sup>	0,37	kW
Caudal Q <sup>82</sup>	21,5	L/min con altura manométrica de 0 m.
Tiempo para 500 Lt	23,25	Minutos/500 Lt
Energía para 500 Lt	0,1433	kWh
Veces que se prende la motobomba con el sistema de tratamiento de aguas al mes.	1	Vez
Consumo al mes	0,37	kWh
Costo promedio de consumo <sup>83</sup>	\$ 350,7041	Pesos Colombianos/Mes

**Tabla 29: Especificaciones de uso Motobomba Pedrollo Centrífuga 1/2 Hp – Elaborado por el autor**

<sup>78</sup> Demanda Biológica de Oxígeno: Parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contienen una muestra líquida. (Gómez & Galindo, 2008)

<sup>79</sup> Corresponde al volumen efectivo de los tanques y recomendado por los asesores comerciales.

<sup>80</sup> El tiempo se determinó dividiendo la capacidad del tanque (500 Lt) entre el volumen a procesar por día (20,26Lt).

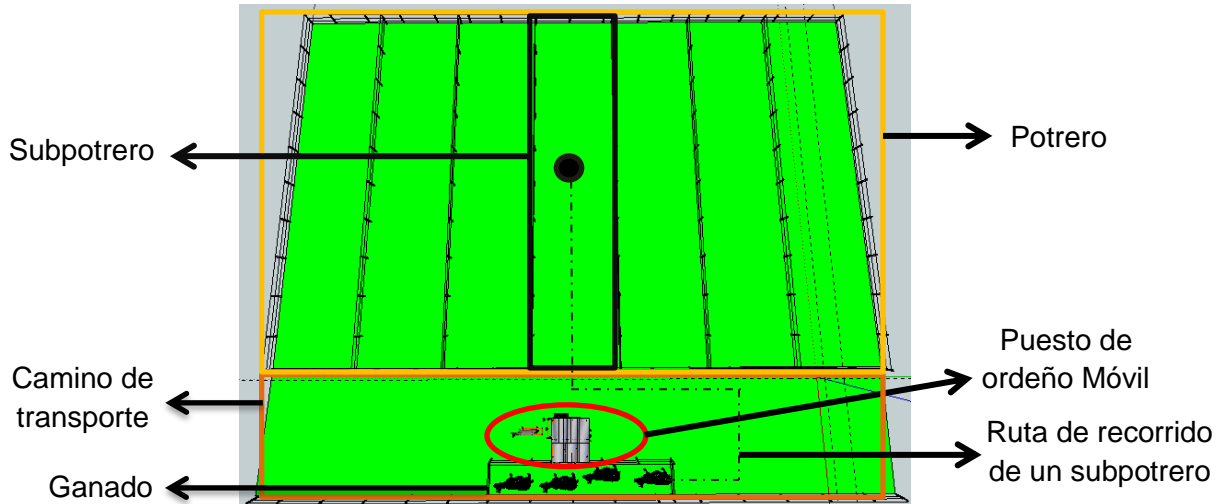
<sup>81</sup> Obtenido del manual de la Motobomba Pedrollo Centrífuga de ½ hp.

<sup>82</sup> Obtenido del manual de la Motobomba Pedrollo Centrífuga de ½ hp

<sup>83</sup> Teniendo en cuenta el valor promedio de kWh de \$359,7041 según Codensa.

**d) Replantear las rutas de transporte del ganado.**

Partiendo de la propuesta del puesto de ordeño móvil, se garantiza que el ganado “no se desplazará hasta la sala de ordeño” (en promedio 170m/trayecto); sin embargo replanteando las rutas de transporte del ganado, se determinó que éste debería movilizarse “solamente hasta el puesto de ordeño móvil” (en promedio 27,14m/trayecto). A continuación se muestra la distribución de un potrero de la finca, para explicar detalladamente esta alternativa:



**Ilustración 36: Ejemplo de un potrero en la finca Gabeno – Elaborador por el autor**

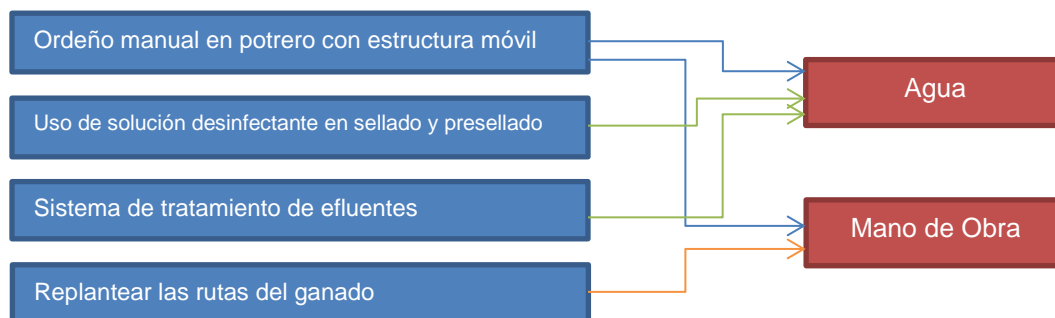
La ilustración 36 muestra en vista de planta la distribución de un potrero de Gabeno con el puesto de ordeño móvil propuesto. En ésta imagen se observa la división del potrero en 7 subpotreros, estrategia explicada en el numeral “6.2.1 Descripción del Proceso de Ordeño”.

Para dar cumplimiento a la reducción de la distancia de recorrido del operario con el ganado, se propuso que el puesto de ordeño se ubicaría en la mitad del camino que está destinado al transporte del ganado, dado que es el lugar que minimiza la distancia de recorrido desde cada subpotrero hasta éste. El puesto de ordeño móvil permanecerá siete días inmovilizado en el lugar asignado y una vez terminada la rotación del ganado en el potrero, se desplazará hasta la mitad del siguiente potrero (una distancia promedio de 50m), y así se repetirá el proceso de desplazamiento hasta completar los 19 potreros de la finca.

A continuación se detallan los beneficios que obtendría Gabeno al implementar las alternativas descritas anteriormente. Para mayor claridad se ilustra el desarrollo por cada recurso contemplado en la presente investigación.

## 7.4 Desarrollo en Ingeniería

En ésta etapa se concreta el efecto de las alternativas de solución propuestas para atender los problemas detectados en la etapa de diagnóstico. Para verificar su cumplimiento se simuló el consumo/uso de los recursos estudiados con la propuesta de solución. En la siguiente ilustración se muestra a cual(es) de los recursos evaluados afecta cada una de las alternativas.



**Ilustración 37: Relación de las alternativas de solución en los recursos de la investigación – Elaborado por el autor**

A partir de estas relaciones se detalla a continuación cuantitativamente el impacto que se logró en el consumo de los recursos evaluados:

### 7.4.1 Simulación Recurso Agua

Integrando las tres alternativas de solución que impactan en el consumo del agua virtual, se especifica a continuación el consumo por categoría del recurso natural:

- **Servicios**

Aplicando la propuesta de solución en el proceso de ordeño, se obtendrá el siguiente consumo:

Destino	Consumo Actual (Lt/mes)	Consumo Propuesta (Lt/mes)	Variación
Rutina de ordeño	657	36	-95%
Lavado embudo	170,1	170,1	0%
Lavado malla y filtro de tela	63	63	0%
Lavado cantinas (2)	84,9	84,9	0%
Lavado baldes (2)	290,1	290,1	0%
Lavado piso sala ordeño	3165	0	-100%
<b>Total</b>	<b>4430,1</b>	<b>644,1</b>	<b>-85%</b>

**Tabla 30: Volumen de Consumo de Agua Nueva en la Categoría “Servicios” del Agua Virtual – Elaborado por el autor**

La reducción de consumo en el destino: “Rutina de ordeño” se logra con la alternativa: “Uso de solución desinfectante en sellado y presellado de ubre”, la cual no necesita agua, pero dado que el producto se aplica con un recipiente plástico (presellador), requiere de limpieza, utilizando tan solo 1,2Lt/día<sup>84</sup> lo que se traduce en un consumo de 36Lt/mes.

<sup>84</sup> El consumo en la limpieza de este recipiente, se asemeja a la limpieza de un vaso en forma convencional según Euro Trade, Productos especializados- Alemania Normas de Higiene en Cristal.

Por otro lado, la reducción de consumo en el destino “Lavado piso sala de ordeño”, se logra aplicando la alternativa: “Ordeño manual en potrero con estructura móvil”, dado que el proceso se desarrollará en el potrero y no en la sala de ordeño habitual. Según esto, no se tendrá que realizar el lavado del piso de la sala y por consiguiente se dejarán de utilizar 105,5Lt/día<sup>85</sup> (3165Lt/mes) de agua (consumo actual en el lavado del piso de la sala de ordeño).

- **Hidratación**

En esta categoría no se presenta variación en el consumo.

- **Alimentación**

En esta categoría se tiene una reducción en el consumo de 608Lt/mes, derivado de la propuesta “Sistema de Tratamiento de Efluentes”. Esta reducción se obtiene al reciclar el volumen de agua empleado en el lavado de: embudo, malla y filtro de tela, cantinas y baldes. El total del consumo de estos destinos es de 20 litros/día aproximadamente y no involucra el volumen del destino “Rutina de Ordeño”, ya que como se propone el uso de soluciones para la limpieza de la ubre que contienen Yodo, esto hace que el proceso de tratamiento de las aguas residuales sea más complicado y que tal vez no se garantice la calidad del agua para riego (según asesor comercial Colempaques).

Según lo anterior; el destino “Alimentación” del agua virtual con la propuesta de solución tiene el siguiente consumo de agua nueva<sup>86</sup>:

	Volumen (Lt/mes)
Agua Nueva Actual	33.600
Ahorro de Agua Nueva por Agua Tratada	608 <sup>87</sup>
<b>Consumo Agua Nueva Propuesta</b>	<b>32.992</b>

Tabla 31: Consumo Agua Nueva en la categoría “Alimento” del Agua Virtual – Elaborado por el autor

En conclusión en el proceso de ordeño al implementar las alternativas de solución se obtendrá el siguiente consumo del recurso hídrico:

	Consumo Actual (Lt/mes)	Consumo Propuesta (Lt/mes)	Variación
<b>Servicios</b>	4.430	644	-85,46%
<b>Hidratación</b>	6.029	6.029	0,00%
<b>Alimento</b>	33.600	32.992	-1,81%
<b>TOTAL</b>	<b>44.059</b>	<b>39.665</b>	<b>-9,97%</b>

Tabla 32: Consumo agua virtual de la propuesta de solución en el proceso de ordeño – Elaborado por el autor

Con base en lo anterior, se concluye que la productividad<sup>88</sup> en el uso del recurso hídrico en el proceso de ordeño con la propuesta de solución mejora en un 9,97%, donde el consumo promedio de agua por litro de leche, pasa a ser de 26,70Litros<sup>89</sup> a 24,03litros. Esto último representa una disminución de 4.394 litros/mes de agua nueva en el proceso de ordeño.

<sup>85</sup> Datos de consumo referenciados en el diagnóstico.

<sup>86</sup> Agua nueva es el agua que entra al proceso de ordeño desde los tanques de almacenamiento de agua potable o desde el pozo profundo sin ningún tratamiento en la finca Gabeno.

<sup>87</sup> Volumen a reciclar con el sistema de tratamiento de efluentes.

<sup>88</sup> Producción de leche en litros/Litros de Agua Virtual.

<sup>89</sup> Indicador de productividad parcial del agua virtual diseñado en la etapa de diagnóstico.

Por otro lado, se concluye que el indicador de productividad en el reciclaje del agua nueva<sup>90</sup> pasa del 0% al 94,41% con el “sistema de tratamiento de efluentes”. La razón de esto es que con el sistema se reciclarán en promedio 608Lt/mes, de los 644Lt/mes de agua nueva que se tienen estimados en la categoría “servicios” con la propuesta de solución.

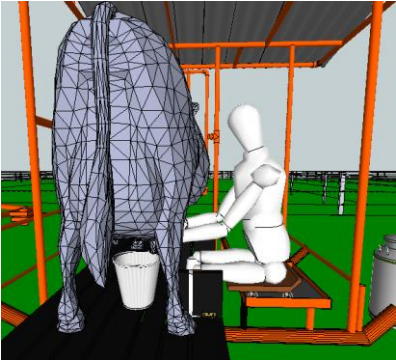
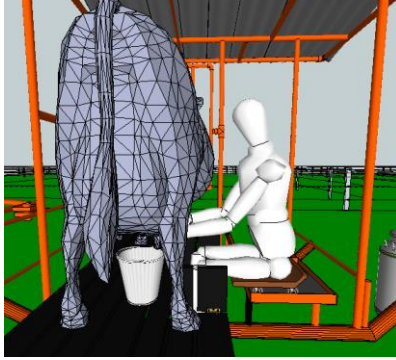
#### 7.4.2 Simulación Recurso Mano de Obra

La simulación de la productividad de la mano de obra se realizó teniendo en cuenta primero “los beneficios desde el punto de vista ergonómico” logrados con las alternativas y luego “el efecto que se tuvo en los métodos y tiempos de las operaciones”. En la ilustración 37 se determinó que las alternativas que estuvieron relacionadas con este recurso fueron: “Ordeño manual en potrero con estructura móvil” y “Replantear las rutas de transporte del ganado”. La primera de estas tuvo un mayor impacto en la productividad desde el punto de vista ergonómico, y la segunda impacto en la productividad desde el punto de vista de los métodos utilizados actualmente por el operario.

Para dar cumplimiento a la primera etapa de la simulación (beneficios ergonómicos), se utilizó el modelo REBA sobre las mismas posturas evaluadas en la etapa de diagnóstico. Su desarrollo se presenta a continuación:

##### 7.4.2.1 Factores Ergonómicos

La información preliminar del modelo REBA para la propuesta de solución se consigna en la siguiente tabla:

Item	Información Preliminar
1. Periodo de tiempo de observación	Toma de ángulos en el modelo 3D hecho en Google SketchUp
2. Subtareas	1. Ordeñando la vaca
	2. Lavando la ubre de la vaca
	3. Secando la ubre de la vaca
	4. Amarrando las patas de la vaca.
<b>3. Posturas Identificadas</b>	
1. Ordeñando la vaca	2. Lavando la ubre de la vaca
	
3. Secando la ubre de la vaca	4. Amarrando las patas de la vaca

<sup>90</sup> Litros de agua reciclada en el lavado/litros de agua nueva consumida en el lavado.



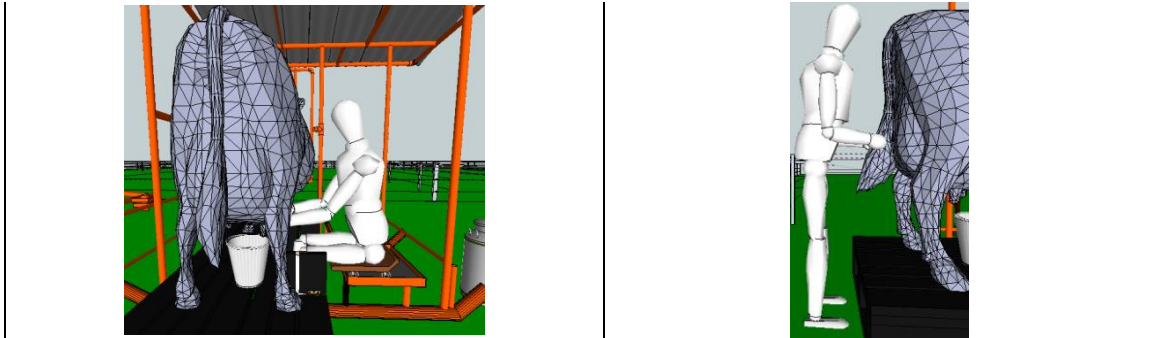


Tabla 33: Información preliminar para el modelo REBA con la propuesta de solución – Elaborado por el autor

En la etapa de diseño se buscó reducir los ángulos de flexión de las partes más afectadas en las posturas evaluadas, de donde resultó que la postura de ordeño, lavado de ubre y secado de ubre serían las mismas. Con la propuesta el operario no deberá agacharse para realizar las actividades de lavado y secado de ubre y tampoco las realizará de pie. A continuación se presentan los resultados<sup>91</sup> del modelo REBA en las posturas evaluadas con la propuesta de solución:

	Ordeñando la vaca	Lavando la ubre	Secando la ubre	Amarrando las patas de la vaca
Puntuación Tabla C	2	2	2	2
Puntuación Actividad	1	0	0	0
<b>PUNTAJÓN REBA</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>NIVEL DE ACCIÓN</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>Bajo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Bajo</b>
<b>ACTUACIÓN</b>	<b>Puede ser Necesaria</b>	<b>Puede ser Necesaria</b>	<b>Puede ser Necesaria</b>	<b>Puede ser Necesaria</b>

Tabla 34: Nivel de riesgo identificado en las posturas evaluadas con el modelo REBA – Elaborada por el autor

Según los resultados obtenidos con el modelo REBA, se identificó que el riesgo de afectaciones musculo esqueléticas de las posturas evaluadas disminuye, pero sigue existiendo un riesgo, debido a que la operación de ordeño se continuará desarrollando manualmente con la propuesta de solución.

A partir de lo anterior se concluye que el diseño propuesto mejora la calidad del puesto de trabajo y por consiguiente los suplementos de fatiga que se generan actualmente por las “condiciones ergonómicas” disminuyen en las actividades que requieren de las posturas evaluadas. Los valores por actividad se resumen en la siguiente tabla:

Actividad	Suplemento Actual	Suplemento Propuesto	Cambio
Lavado y secado de ubre de vaca 1,2,3,4, y 5	13%	9%	Dejará de trabar de pie y la postura deja de ser anormal.
Ordeño de vaca 1,2,3,4 y 5	12%	9%	Dejará de tener postura anormal

Tabla 35: Cambio en los suplementos por fatiga con la propuesta de solución - Elaborado por el autor

<sup>91</sup> El desarrollo del modelo se encuentra en Anexo 13: Desarrollo Modelo REBA (Rapid Entire Body Assessment) Propuesta de Solución.

### 7.4.2.2 Tiempos Operaciones

En el uso de la mano de obra intervienen más factores que en el consumo del recurso hídrico, según esto, se requirió la estructuración de un modelo que tuviera en cuenta estos factores. Para el desarrollo de este modelo se tuvo en cuenta los pasos estipulados en “*Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advance applications and Practice*”<sup>92</sup>.

El desarrollo de los pasos que contempla el documento referenciado se presenta a continuación:

#### 1. Identificar el problema

En el proceso de ordeño actual, se cuenta con un nivel de improductividad del 43%, generando en gran parte por la actividad de transporte, que representa el 35% de la jornada, con un tiempo promedio de 41min/jornada. Adicionalmente se cuenta con un suplemento de fatiga del 13% generado por un riesgo alto de afectaciones musculoesqueléticas en la postura del operario durante la operación de ordeño, lavado y secado de ubre y amarrado de patas.

#### 2. Definir los Conjuntos

- I: Potrero {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19}
- J: Actividades {1,2,3...,113}
- K: Jornada {1= “mañana”, 2= “tarde”}

#### 3. Definir los parámetros

- D<sub>1i</sub>: Distancia total de recorrido actual al potrero i
- D<sub>2i</sub>: Distancia total de recorrido propuesta al potrero i
- T<sub>1i</sub>: Tiempo total de transporte 1 al potrero i
- T<sub>2i</sub>: Tiempo total de transporte 2 al potrero i
- F<sub>j</sub>: Tipo de función de la actividad j → {1 si la actividad j es productiva y 0 si la actividad j caso contrario}
- TC<sub>1jk</sub>: Tiempo cronómetro actual de la actividad j en la jornada k
- TC<sub>2jk</sub>: Tiempo cronómetro propuesta de la actividad j en la jornada k
- RF<sub>j</sub>: Rating Factor promedio de la actividad j
- SF<sub>1j</sub>: Suplemento de fatiga actual de la actividad j
- SF<sub>2j</sub>: Suplemento de fatiga propuesto de la actividad j

#### 4. Definir las variables

- TE<sub>1j</sub>: Tiempo estándar actual de la actividad j en la jornada k  
Dónde:

$$TE1_{jk} = TC1_{jk} * RF_j * (1 + SF1_j) \quad \forall j, k$$

- TE<sub>2j</sub>: Tiempo estándar propuesto de la actividad j en la jornada k  
Dónde:

$$TE2_{jk} = TC2_{jk} * RF_j * (1 + SF2_j) \quad \forall j, k$$

- TT<sub>1i</sub>: Tiempo total de la jornada actual con el potrero i en la jornada k  
Dónde:

---

<sup>92</sup> Material utilizado en la asignatura “simulación” de la carrera.

$$TT1_{ik} = \sum_{\forall j} TE1_{jk} + T1_i + T2_i \quad \forall i, k$$

- TT2<sub>i</sub>: Tiempo total de la jornada propuesto con el potrero i en la jornada k  
Dónde:

$$TT2_{ik} = \sum_{\forall j} TE2_{jk} + T1_i + T2_i \quad \forall i, k$$

- P1<sub>i</sub>: Nivel de productividad actual de la jornada k en el potrero i  
Dónde:

$$P1_{ik} = \frac{\sum_{\forall j} (TE1_{jk} * F_j)}{TT1_{ik}} \quad \forall i, k$$

- P2<sub>i</sub>: Nivel de productividad propuesto de la jornada k en el potrero i  
Dónde:

$$P2_{ik} = \frac{\sum_{\forall j} (TE2_{jk} * F_j)}{TT2_{ik}} \quad \forall i, k$$

## 5. Objetivo del modelo

Evaluar el impacto en la implementación de las propuestas de solución, en el uso del recurso mano de obra del proceso de ordeño.

## 6. Búsqueda y Recolección de Información

La información de los parámetros se presenta a continuación:

- Distancia y tiempo de transporte a cada potrero

Potrero	Distancia Total Actual <sup>93</sup> (m/jornada)	Distancia Total Propuesta <sup>94</sup> (m/jornada)	Tiempo Total Transporte1 <sup>95</sup> (min/jornada)	Tiempo Total Transporte2 <sup>96</sup> (min/jornada)
1	480,64	240,32	14,49	13,18
2	630,32	315,16	18,01	16,75
3	761,80	380,90	22,17	19,95
4	627,48	270,18	20,33	18,70
5	715,54	256,28	21,58	19,64
6	903,94	350,48	26,20	24,89
7	1097,44	442,34	27,97	25,73
8	907,14	347,20	27,41	25,22
9	776,60	340,00	23,89	22,69
10	425,00	212,50	13,31	12,24
11	860,04	430,02	25,07	23,07
12	726,08	363,04	25,10	23,85
13	614,60	307,30	22,81	20,98
14	591,72	295,86	18,06	16,20
15	429,08	214,54	12,81	12,17
16	492,32	246,16	14,86	13,53
17	543,88	271,94	18,67	17,18
18	831,96	415,98	22,83	20,77

<sup>93</sup> Información obtenida de la etapa de diagnóstico.

<sup>94</sup> El cambio respecto a la situación actual, es que de los cuatro recorridos se van a realizar únicamente 2 dado que no tiene que transportar el ganado hasta la sala de ordeño.

<sup>95</sup> Información obtenida de la etapa de diagnóstico, para mayor detalle ver Anexo14: Suplementos por Fatiga Situación Actual.

<sup>96</sup> Para mayor detalle ver Anexo 15: Suplementos por Fatiga Propuesta.

19	908,36	454,18	28,06	25,53
----	--------	--------	-------	-------

**Tabla 36: Distancia y tiempo de transporte a cada potrero - Información levantada en trabajo de campo**

- Información por actividad: nombre de la actividad, tipo de función, tiempo cronómetro rating factor y suplemento por fatiga.

Actividad	Tipo de Función	Tiempo Cronómetro <sup>97</sup> Actual (min)	Tiempo Cronómetro <sup>98</sup> Propuesta (min)	Rating Factor <sup>99</sup>	Suplemento Fatiga <sup>100</sup> Actual	Suplemento Fatiga <sup>101</sup> Propuesto
Preparación alimento del ganado	P	4,230	4,230	1,195	11%	11%
Acomodación utensilios de trabajo	I	0,470	0,470	1,195	11%	11%
Delimitación área de acceso con cuerdas y palos de madera	I	0,783	0,000	1,195	11%	11%
Postura de guantes	P	0,313	0,313	1,189	11%	11%
Quitado de guantes	P	0,313	0,313	1,189	11%	11%
Cogida del balde de ordeño	I	0,000	0,000	1,189	11%	11%
Cogida del trapo	I	0,157	0,157	1,189	11%	11%
Acomodación del asiento	I	0,313	0,000	1,189	11%	11%
Traslado del balde	I	0,000	0,000	1,189	11%	11%
Retoma de balde y asiento para continuar el ordeño	I	0,157	0,157	1,189	11%	11%
Retirada el asiento	I	0,000	0,000	1,189	11%	11%
Llenado del balde con agua	I	0,000	0,000	1,189	11%	11%
Transporte 1 (ida y regreso)	I	Tabla 36	Tabla 36	1,193	0%	0%
Cambio de vestimenta personal	I	0,000	0,000	1,178	13%	9%
Disposición de alimento en el brete para vaca 1	P	0,627	0,627	1,178	13%	9%
Amarrado de vaca 1al brete	P	0,000	0,000	1,178	13%	9%
Amarrado de patas vaca 1	P	0,470	0,470	1,178	13%	9%
Lavado ubre vaca 1	P	0,313	0,313	1,178	13%	9%
Secado ubre vaca 1	P	0,313	0,313	1,178	13%	9%
Desplazamiento para traer al ternero 1	I	0,000	0,000	1,178	13%	9%
Amarrado ternero 1	P	0,000	0,000	1,178	13%	9%
Ordeñado vaca 1	P	7,208	7,208	1,191	10%	10%
Desamarrado ternero 1	P	0,000	0,000	1,191	10%	10%
Desplazamiento para llevar al ternero 1	I	0,313	0,313	1,191	10%	10%
Vertido leche de vaca 1 en cantina	P	0,627	0,627	1,191	10%	10%
Desamarrado patas de vaca 1	I	0,000	0,000	1,191	10%	10%
Desamarrado del brete para vaca 1	P	0,313	0,313	1,183	13%	9%
Orden de salida a vaca 1	P	0,000	0,000	1,183	13%	9%
Disposición de alimento en el brete para vaca 2	I	0,470	0,470	1,183	13%	9%

<sup>97</sup> Información obtenida de la etapa de diagnóstico.

<sup>98</sup> Información obtenida de la etapa de diagnóstico y análisis en la estructuración de las alternativas de solución.

<sup>99</sup> Información obtenida de la etapa de diagnóstico.

<sup>100</sup> Información obtenida de la etapa de diagnóstico.

<sup>101</sup> Información obtenida del numeral 7.4.2.1 Factores Ergonómicos.

Apertura acceso a vaca 2	P	0,940	0,940	1,183	13%	9%
Amarrado vaca 2 al brete	I	0,000	0,000	1,183	13%	9%
Amarrado de patas vaca 2	P	0,000	0,000	1,183	13%	9%
Lavado ubre vaca 2	P	1,410	1,410	1,183	13%	9%
Secado ubre vaca 2	P	0,783	0,783	1,183	13%	9%
Desplazamiento para traer ternero 2	P	0,313	0,313	1,183	13%	9%
Amarrado ternero 2	I	0,157	0,157	1,183	13%	9%
Ordeñado vaca 2	P	0,157	0,157	1,183	13%	9%
Desamarrado ternero 2	P	5,484	5,484	1,190	10%	10%
Desplazamiento para llevar al ternero 2	P	0,000	0,000	1,190	10%	10%
Vertido leche de vaca 2 en cantina	I	0,157	0,157	1,190	10%	10%
Desamarrado patas de vaca 2	P	0,627	0,627	1,190	10%	10%
Desamarrado del brete para vaca 2	I	0,313	0,000	1,190	10%	10%
Orden de salida a vaca 2	P	0,627	0,000	1,190	13%	9%
Disposición de alimento en el brete para vaca 3	P	0,000	0,000	1,190	13%	9%
Apertura acceso a vaca 3	I	0,000	0,000	1,190	13%	9%
Amarrado vaca 3 al brete	P	0,470	0,470	1,190	13%	9%
Amarrado de patas vaca 3	I	0,627	0,627	1,190	13%	9%
Lavado ubre vaca 3	P	0,000	0,000	1,190	13%	9%
Secado ubre vaca 3	P	0,627	0,627	1,190	13%	9%
Desplazamiento para traer ternero 3	P	0,313	0,313	1,190	13%	9%
Amarrado ternero 3	P	0,157	0,157	1,190	13%	9%
Ordeñado vaca 3	I	0,313	0,313	1,190	13%	9%
Desamarrado ternero 3	P	0,000	0,000	1,190	13%	9%
Desplazamiento para llevar ternero 3	P	11,595	11,595	1,193	10%	10%
Vertido leche de vaca 3 en cantina	P	0,000	0,000	1,193	10%	10%
Desamarrado patas de vaca 3	I	0,000	0,000	1,193	10%	10%
Desamarrado del brete para vaca 3	P	0,000	0,000	1,193	10%	10%
Orden de salida a vaca 3	I	0,313	0,313	1,193	10%	10%
Disposición de alimento en el brete para vaca 4	P	0,157	0,157	1,186	13%	9%
Apertura acceso a vaca 4	P	0,470	0,000	1,186	13%	9%
Amarrado vaca 4 al brete	I	0,470	0,470	1,186	13%	9%
Amarrado de patas vaca 4	P	0,470	0,470	1,186	13%	9%
Lavado ubre vaca 4	I	0,000	0,000	1,186	13%	9%
Secado ubre vaca 4	P	0,000	0,000	1,186	13%	9%
Desplazamiento para traer ternero 4	P	1,410	1,410	1,186	13%	9%
Amarrado ternero 4	P	0,157	0,157	1,186	13%	9%
Ordeñando vaca 4	P	0,157	0,157	1,186	13%	9%
Desamarrando ternero 4	I	0,313	0,313	1,186	13%	9%
Desplazamiento para llevar ternero 4	P	0,000	0,000	1,186	13%	9%
Vertido leche de vaca 4 en cantina	P	8,462	8,462	1,179	10%	10%

Desamarrado patas de vaca 4	P	0,000	0,000	1,179	10%	10%
Desamarrado del brete para vaca 4	I	0,627	0,627	1,179	10%	10%
Orden de salida a vaca 4	P	0,000	0,000	1,179	10%	10%
Disposición de alimento en el brete para vaca 5	I	0,313	0,313	1,179	10%	10%
Apertura acceso a vaca 5	P	0,000	0,000	1,185	13%	9%
Amarrado vaca 5 al brete	P	0,000	0,000	1,185	13%	9%
Amarrado de patas vaca 5	I	0,157	0,157	1,185	13%	9%
Lavado ubre vaca 5	P	0,000	0,000	1,185	13%	9%
Secado ubre vaca 5	I	0,470	0,470	1,185	13%	9%
Desplazamiento para traer ternero 5	P	0,000	0,000	1,185	13%	9%
Amarrado ternero 5	P	0,470	0,470	1,185	13%	9%
Ordeñado vaca 5	P	0,000	0,000	1,185	13%	9%
Desamarrado ternero 5	P	0,470	0,470	1,185	13%	9%
Desplazamiento ara llevar el ternero 5	I	0,157	0,157	1,185	13%	9%
Vertido leche de vaca 5 en cantina	P	0,470	0,470	1,185	13%	9%
Desamarrado patas de vaca 5	P	6,111	6,111	1,186	10%	10%
Desamarrado del brete para vaca 5	P	0,000	0,000	1,186	10%	10%
Orden de salida a vaca 5	I	0,627	0,627	1,186	10%	10%
Disposición elementos cerca de tanques	P	0,000	0,000	1,186	10%	10%
Apertura registro de tanques	I	0,000	0,000	1,186	10%	10%
Enjabonado de utensilios	P	0,000	0,000	1,197	11%	11%
Juagado de utensilios	P	0,627	0,000	1,197	11%	11%
Acomodación utensilios dentro de cuarto de almacenamiento para secado	I	0,313	0,313	1,197	11%	11%
Registro producción del día	I	1,097	1,097	1,197	11%	11%
Cerrado registro de tanques	I	0,313	0,313	1,197	11%	11%
Retirado de estiércol depositado en el piso	P	3,134	3,134	1,196	11%	11%
Barrido piso de sala	P	2,821	2,821	1,196	11%	11%
Regado de agua en el piso	I	0,940	0,940	1,196	11%	11%
Restregado de piso con escoba	I	1,880	1,880	1,196	11%	11%
Acomodación de utensilios de lavado	I	0,157	0,157	1,196	11%	11%
Alistado alimento del día siguiente	P	1,097	0,000	1,196	11%	11%
Transporte 2 (ida y regreso)	P	Tabla 36	Tabla 36	1,196	11%	11%

**Tabla 37: Información de parámetros del modelo de simulación – Información levantada en campo**

## 7. Ejecución del Modelo

A partir de los pasos anteriores, se procedió a formular el modelo con la herramienta Excel y, una vez formulado y estructurado se realizaron las 38 posibles iteraciones del modelo.

## 8. Validación del modelo

Se validó el modelo realizando pruebas en los cálculos de las variables (manualmente) para 3 potreros, concluyendo que el modelo aplicado si se ajustaba a la realidad.

## 9. Experimentación y Análisis de Salidas

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Con la implementación de la propuesta de solución se logró una reducción promedio del 53,16% en la distancia total de transporte por jornada. Esto se deriva del hecho que el operario no tendrá que realizar los cuatro recorridos que desarrolla actualmente (701,26m/jornada) sino que únicamente realizará dos de estos (323,91m/jornada). En la siguiente gráfica se resume la distancia/jornada total de transporte por potrero:

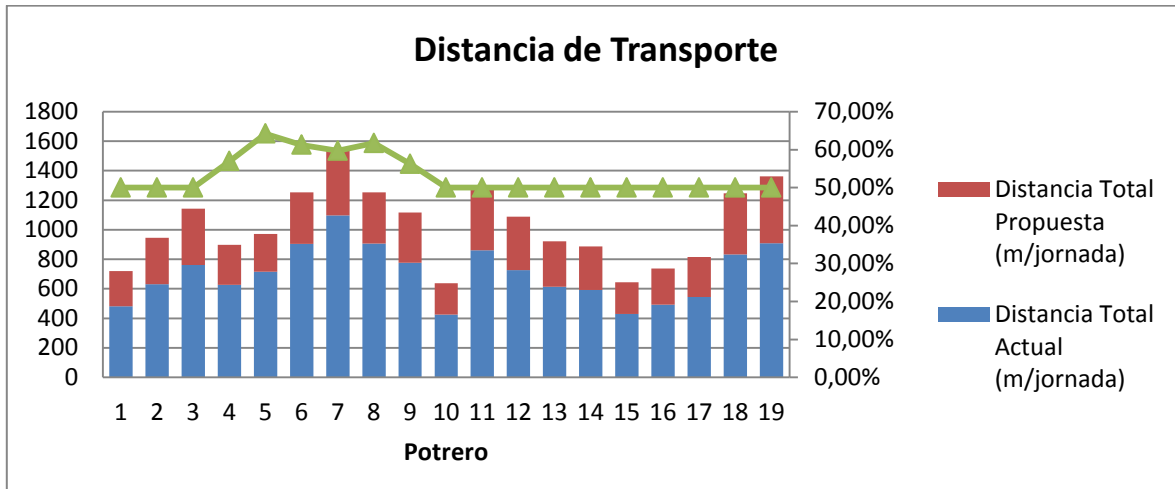


Ilustración 38: Distancia total de recorrido actual y propuesta - Elaborado por el autor

Se observa que el mayor impacto se tiene en los potreros más lejanos (4,5,6,7 y 8) en los cuales el operario actualmente recorre en promedio 850,30m/jornada y pasará a recorrer con la propuesta 333,296m/jornada. Adicionalmente se observa en la ilustración 38 que la dispersión de la distancia se reduce, se pasa de un rango de 672,44m a uno de 241,68, lo que implica una reducción del 64,05% de la amplitud del rango de la distancia.

El impacto que se deriva de la reducción de la distancia de transporte es el tiempo que el operario emplea en esta actividad. En la siguiente ilustración se resume la información obtenida con el modelo de simulación:

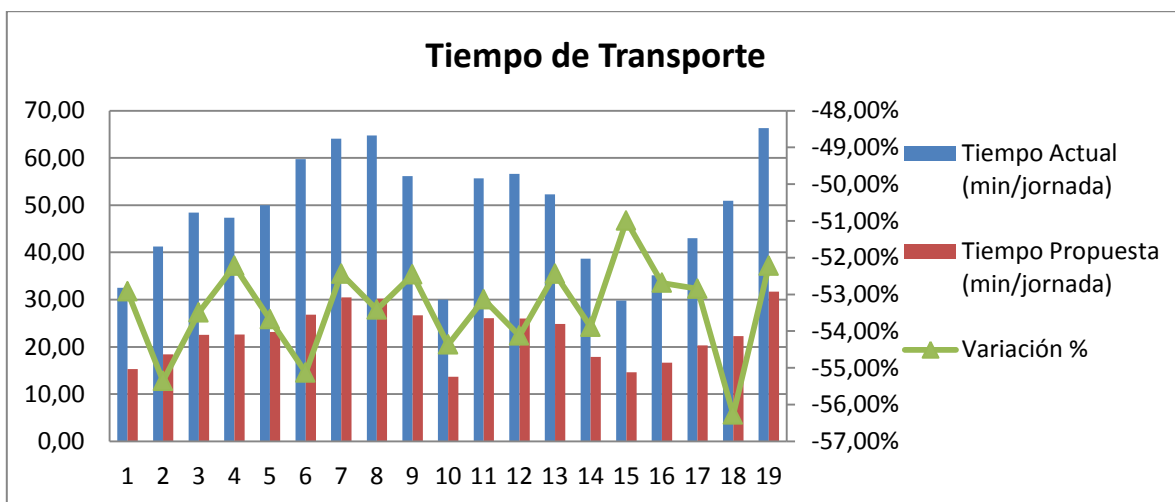


Ilustración 39: Tiempo total de transporte actual y propuesta - Elaborado por el autor

La reducción del tiempo de transporte por jornada en promedio fue del 53,36%. El tiempo promedio con la propuesta de solución paso de 48,56min/jornada a 22,64min/jornada. La variabilidad en el tiempo de transporte se redujo dado que el rango pasó de 36,48min a 17,98 min, equivalente a una variación del -52,72%.

Es de aclarar que los resultados obtenidos superaron las expectativas de la presente investigación dado que con la propuesta de solución se obtuvo un impacto adicional en el proceso de ordeño, deducido de la eliminación de actividades por la nueva metodología (detallada en el numeral 8. Rediseño del Proceso de Ordeño). Estas actividades son:

Actividad	Tipo de Actividad	Tiempo (min)
Delimitando el acceso del ganado en la sala de ordeño	Improductiva	1
Acomodando el asiento	Improductiva	0,4
Caminando a verter la leche en cantina	Improductiva	0,4
Amarrando la vaca al brete	Productiva	0,3
Desamarrando la vaca al brete	Productiva	2,73
Retirando del piso el estiércol	Productiva	1,5
Barriendo el piso de la sala	Productiva	2,39
Restregando el piso de la sala	Productiva	2,61
<b>TOTAL</b>		<b>10,33</b>

Tabla 38: Actividades eliminadas con la propuesta de solución – Elaborado por el autor

La reducción del tiempo de transporte y la eliminación de las actividades de la tabla 38 tienen como efecto una reducción en el tiempo de la jornada en un 23,39% en promedio. Para mayor claridad se presenta la siguiente ilustración que resume esta información:

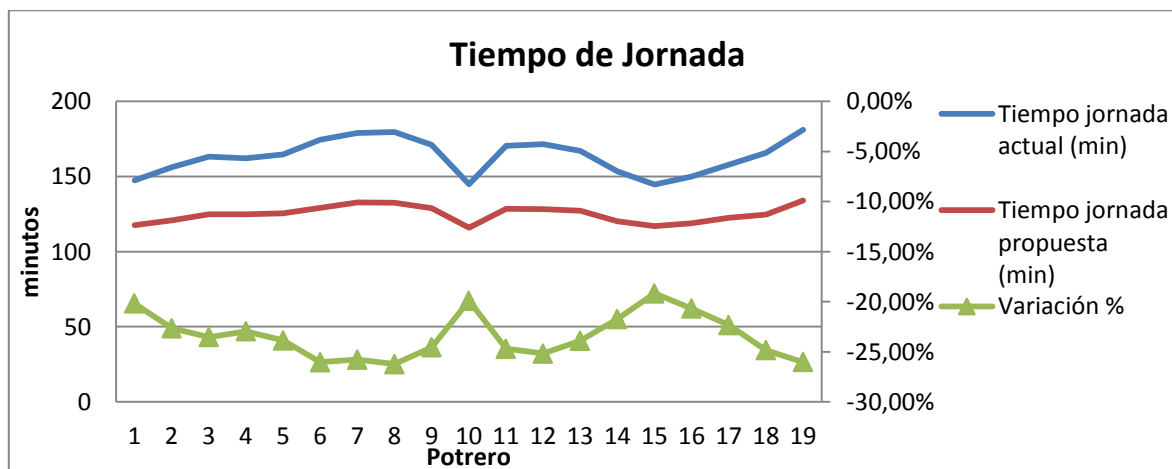


Ilustración 40: Tiempo total de jornada actual y propuesta - Elaborado por el autor

En la ilustración 40 se observa que la mayor variación en el tiempo de la jornada se logró en los potreros más lejanos a la sala de ordeño actual. El efecto del tiempo de transporte en este indicador es notorio ya que como se mencionó anteriormente se redujo en un 53,36%, lo que quiere decir que el cambio en el tiempo de transporte redujo el tiempo de la jornada en un 12,53%.

Igualmente el tiempo de la jornada se vio impactado por el cambio en los suplementos por fatiga. A partir de la evaluación ergonómica, se determinó que con la propuesta de



solución en las actividades de alistamiento se tendrá un suplemento del 10% (y no del 13% como es actualmente). Así mismo en la operación de ordeño se tendrá un suplemento del 9% (y no del 12% como es actualmente). En conclusión el cambio en los suplementos por fatiga, redujo el tiempo de la jornada en un 6,24%<sup>102</sup>.

Adicionalmente, en la ilustración 40 se observa que el rango del tiempo de la jornada también disminuyó con la propuesta de solución, pasando de un rango de 36,48 minutos a uno de 17,98 minutos, equivalente a una reducción del 50,72%. En consecuencia se determina que el tiempo de proceso de ordeño estará bajo mayor control.

La conclusión de las alternativas de solución se identifica en el nivel de productividad del recurso mano de obra. La siguiente ilustración muestra los datos obtenidos:

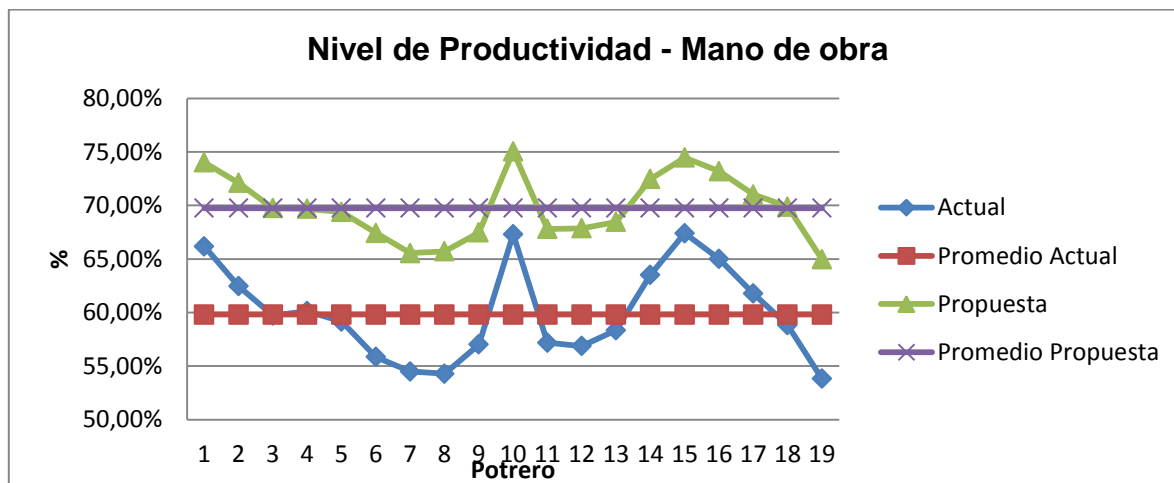


Ilustración 41: Nivel de productividad mano de obra actual y propuesta - Elaborado por el autor

La eliminación de actividades improductivas, el cambio en los suplementos por fatiga y la reducción en el tiempo de transporte, generaron un aumento del 16,64% en la productividad de la mano de obra. En la ilustración 41 se observa que el promedio del nivel de productividad de la situación actual es del 60%, mientras que el de la propuesta de solución es del 70%. El mayor impacto en la productividad de la mano de obra se obtuvo en los potreros más lejanos a la sala de ordeño actual (6, 7, 8 y 19) con un incremento en este indicador del 20,70% y en los más cercanos (1, 10, 15 y 16) un incremento del 11,61%.

Por otro lado, en la ilustración 41 se observa que la amplitud del rango del nivel de productividad se reduce. En la situación actual se tiene un rango del 13% y con la propuesta se logró un rango del 10,08%, representando una reducción de este factor en un 25,78% aproximadamente.

El impacto cuantitativo que se obtuvo con la propuesta de solución en el siguiente capítulo será explicado a mayor profundidad desde el punto de vista del rediseño del proceso.

<sup>102</sup> Se calculó dividiendo la diferencia de los tiempos de las actividades que presentaron cambios en los suplementos de fatiga, entre el tiempo promedio de la jornada promedio de la propuesta.

## 8. REDISEÑO DEL PROCESO DE ORDEÑO

### 8.1 Descripción del rediseño del proceso

La perspectiva más clara del rediseño del proceso aprecia en los siguientes diagramas de flujo. El de la izquierda muestra el “proceso actual” y el de la derecha el “rediseño propuesto”:

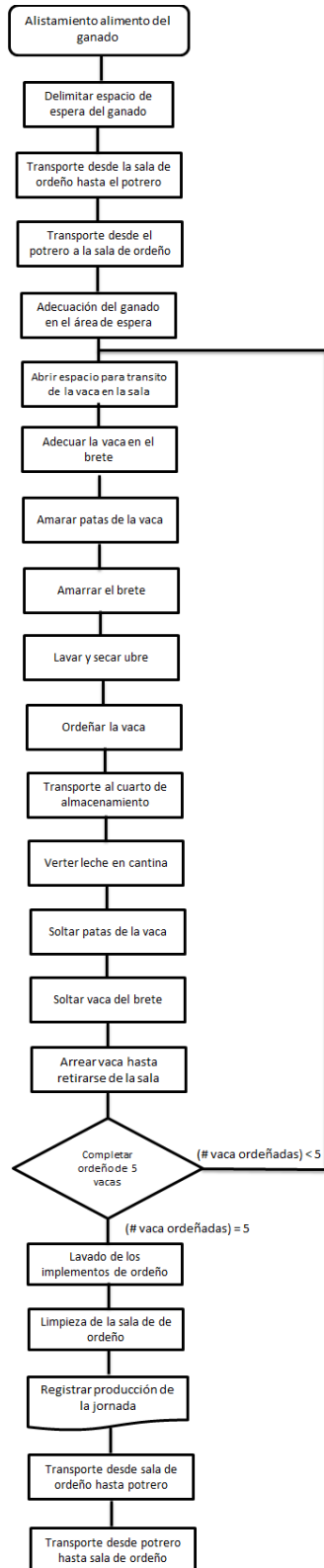


Ilustración 43: Proceso de ordeño actual –  
Elaborado por el autor

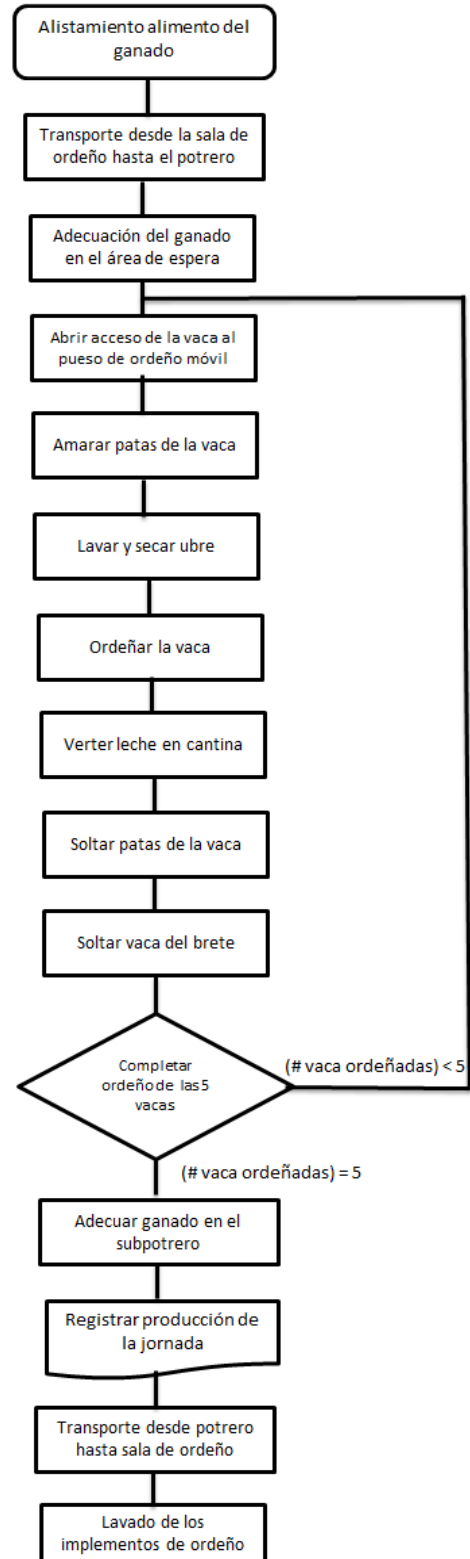


Ilustración 42: Rediseño del proceso de ordeño –  
Elaborado por el autor

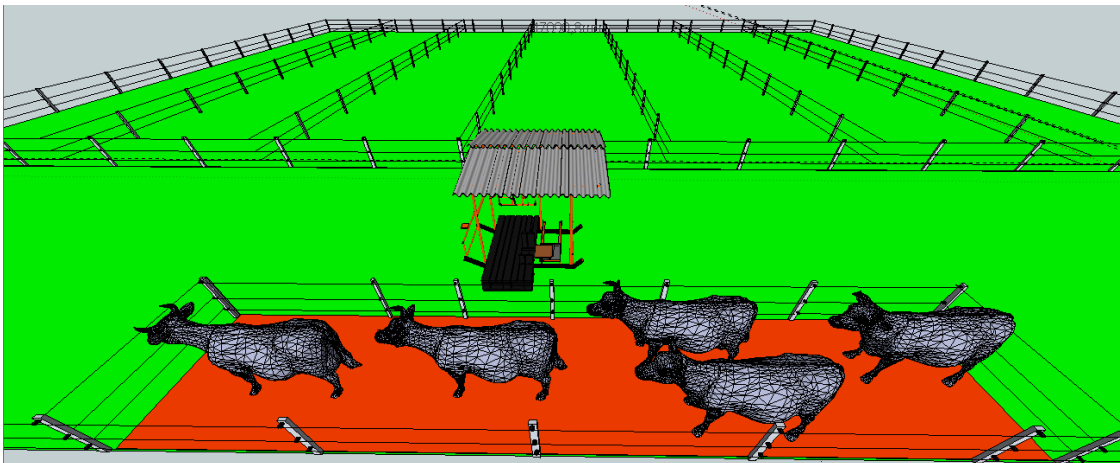
A continuación se describe la metodología y las operaciones que componen el rediseño del proceso de ordeño y se hacen aclaraciones de las diferencias que se presentan respecto a la situación actual:

Como etapa inicial se tiene el **alistamiento del alimento** en la sala de ordeño. En ésta actividad se continúa preparando el alimento de la forma habitual. Una vez alistado el alimento, el operario lo dispone en una carreta junto con la cantina de leche, el embudo y el balde de ordeño. En la siguiente ilustración se observa cómo quedaría organizado:



**Ilustración 44: Carreta con cantina, balde de ordeño y balde con comida - Elaborado por el autor**

En el proceso actual, luego de llevarse a cabo el alistamiento del alimento se procede a “delimitar el espacio de espera del ganado”. Con la propuesta de solución, esta actividad se dejará de hacer diariamente y se realizará solo una vez por semana. La justificación de esto, es que el operario con la propuesta de solución tiene mayor control del espacio de espera del ganado porque lo puede acomodar de la forma más conveniente. La distribución que se propone en el potrero es la siguiente:



**Ilustración 45: Distribución del área de espera del ganado con la propuesta - elaborado por el autor**

Se observa en la ilustración 45 que el área de espera del ganado se encuentra en la parte posterior del puesto de ordeño móvil, en un subpotrero cercado (área color naranja). Esta distribución facilita el manejo del ganado en el proceso de ordeño dado que el operario

sólo tendrá que llevarlo desde cada subpotrero a esta área (explicado en el numeral 7.3.2 Estructuración de alternativas).

Retomando el final de la operación “alastamiento del alimento” el operario se dispone **a ir desde la sala de ordeño hasta el potrero** en el que se encuentre el ganado. La distancia y tiempo de éste recorrido no hay variación entre la situación actual y la propuesta. Sin embargo, analizando el recorrido de regreso en esta etapa del proceso actual, si se presenta una variación generada por el rediseño del proceso. En la situación actual se realiza un recorrido de ida (sala de ordeño a potrero) y un de regreso (potrero a sala de ordeño), mientras que con la propuesta “tan solo” se realizará el recorrido de ida. Para mayor comprensión estos dos recorridos se agrupan con el nombre “transporte 1”. Con la propuesta, el “transporte 1” quedaría únicamente el recorrido de ida y por lo tanto se concluye que la actividad “Transporte desde el potrero a la sala de ordeño” se elimina.

Según la explicación anterior, la distancia del transporte 1 presentó la siguiente variación:

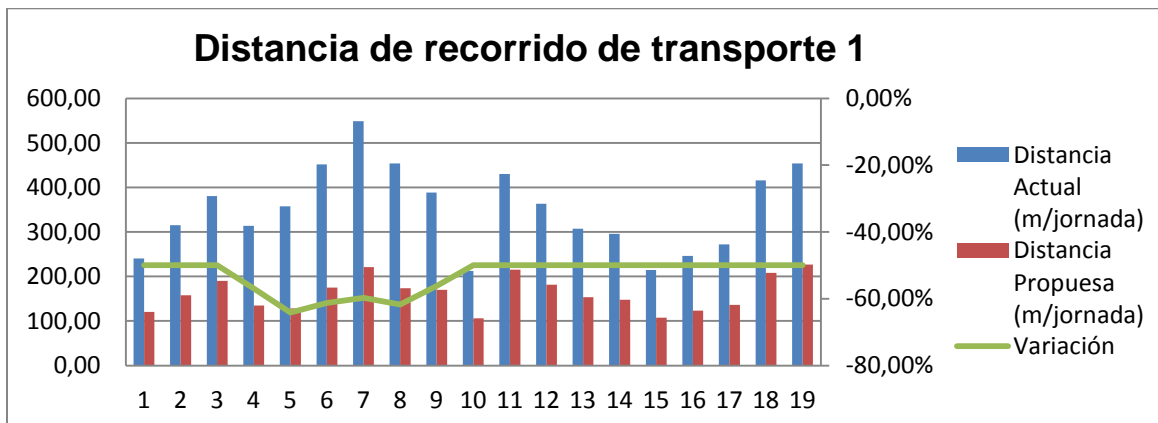


Ilustración 46: Distancia de recorrido transporte 1 actual y propuesta - Elaborado por el autor

Al observar la ilustración 46 se determina que la distancia de recorrido en el transporte 1 en promedio se redujo en un 52,95%, presentando mayor impacto en los potreros más lejanos con una variación promedio del 60%, esto significa que el operario dejará de recorrer en esta etapa del proceso 190 metros aproximadamente.

Al llegar al potrero, el operario deja la carreta junto al puesto de ordeño. En la siguiente se detalla esta actividad:

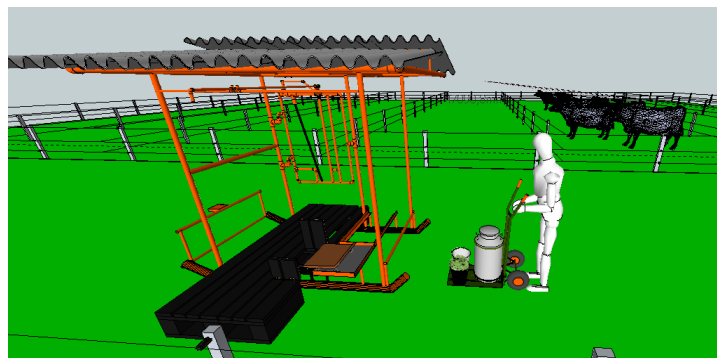
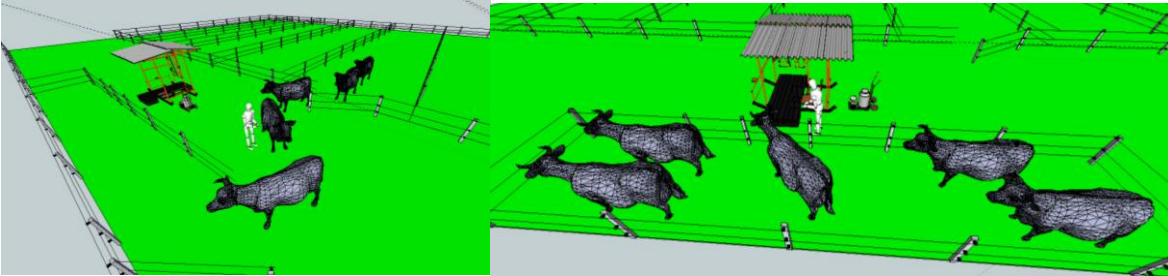


Ilustración 47: Adecuación de la carreta junto al puesto de ordeño móvil - Elaborado por el autor

A continuación, el operario **acomoda el ganado en el área de espera**. Para esto inicialmente le da salida al ganado del subpotrero en el que se encuentre y luego lo adecúa en el subpotrero de espera. La siguiente ilustración muestra éstas dos acciones:

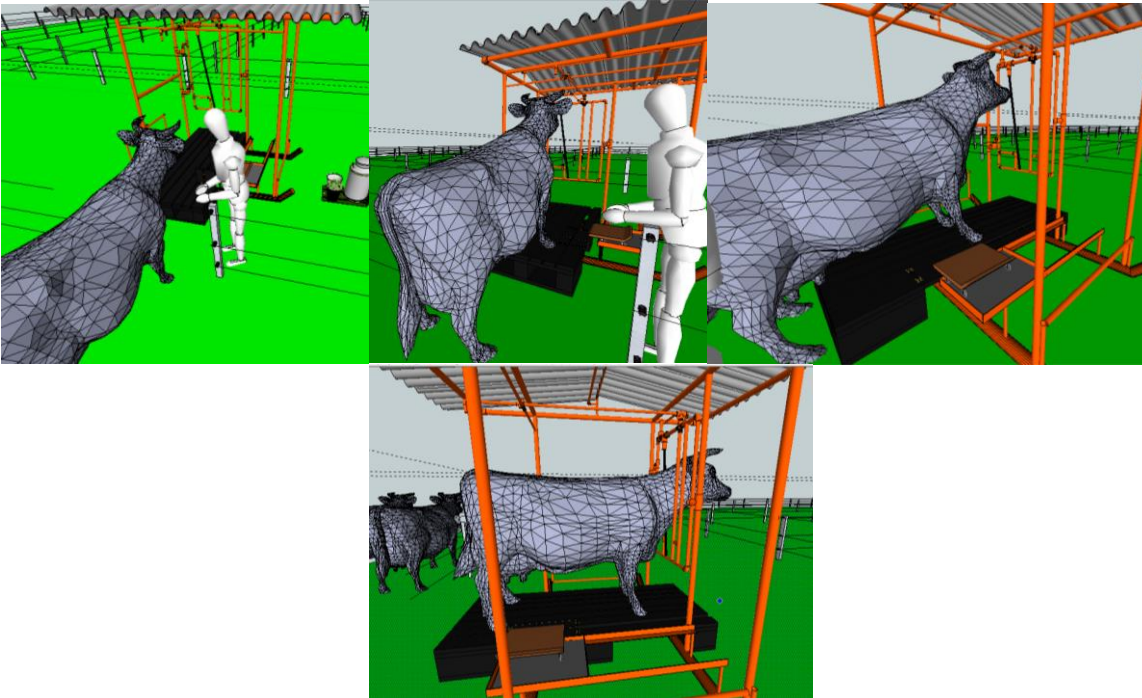


**Ilustración 48: Salida del ganado del subpotrero (izquierda) y adecuación del ganado en el subpotrero de espera (derecha) - Elaborado por el autor**

A partir de este momento se da inicio a la rutina de ordeño, el desarrollo se presenta a continuación:

- **Abrir el acceso de la vaca al puesto de ordeño móvil.**

En la imagen de la izquierda (ver ilustración 49) se observa el momento en el que el operario abre el subpotrero para que la vaca salga de éste y entre al puesto de ordeño móvil, luego (imagen centro) la vaca por si sola se sube en la estiba hasta acomodar su cabeza en el brete del puesto de ordeño móvil (imagen central parte inferior).



**Ilustración 49: Movimientos de la vaca para adecuar la cabeza en el brete - Elaborado por el autor**

En esta actividad el operario debe ajustar el brete. El diseño que se propone cuenta con un sistema más efectivo, con el cual no tiene que realizar un nudo como lo hace actualmente sino simplemente acciona una palanca que asegura el cuello de la vaca. En la siguiente ilustración se muestra esta acción:

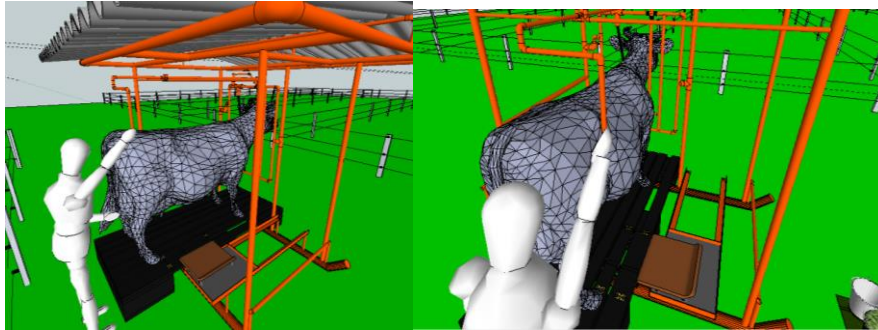


Ilustración 50: Accionamiento de la palanca que asegura el cuello de la vaca en el brete – Elaborador por el autor

Según la descripción de esta operación con la propuesta de solución, la actividad “amarrado de la vaca al brete” del proceso actual se elimina.

Una vez asegurada la vaca al brete, procede a amarrar las patas para inmovilizarla.

- **Amarrar las patas de la vaca.**

En el rediseño del proceso esta actividad emplea la misma metodología del actual, es decir “amarrar las patas con un lazo”; sin embargo con la propuesta de solución (como se demostró anteriormente) la postura de trabajo es adecuada. La siguiente ilustración muestra la diferencia entre los dos escenarios:

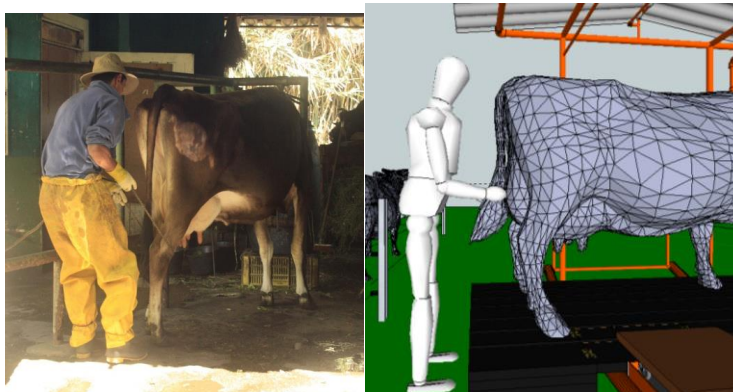


Ilustración 51: Amarrado de patas actual (izquierda) y propuesto (derecha) – Elaborado por el autor

- **Lavado y secado de ubre**

Con la vaca lista en el puesto de ordeño el operario procede al lavado de la ubre. Para esto, primero abre el espacio de la estiba en el que introduce las piernas, luego se sienta y desarrolla la limpieza de la ubre con el presellante (explicado en el numeral 7.3.2 Estructuración de las Alternativas).

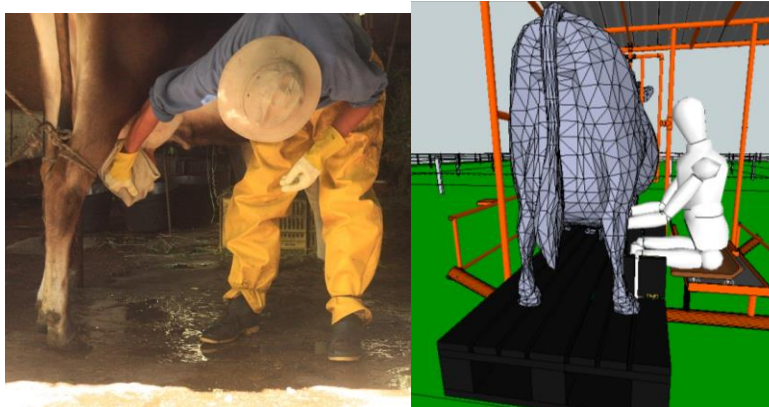


**Ilustración 52: Lavado de ubre actual (izquierda) y propuesto (derecha) – Elaborado por el autor**

En la ilustración 52 se observa que la postura de trabajo cambia radicalmente y conforme a lo que se explicó en la estructuración de las alternativas, con el uso de la solución desinfectante el consumo de agua es más eficaz (desinfecta la ubre) y eficiente (reducción del consumo en un 95%) respecto a la situación actual.

Concluida la limpieza de la ubre, debe retirar el producto con un papel desechable. En comparación a la metodología actual que es con un trapo, la higiene del proceso mejorará radicalmente dado que la ubre no quedará húmeda.

Adicionalmente con la propuesta de solución la postura de “secado de ubre” también cambia. La siguiente ilustración muestra este cambio:



**Ilustración 53: Secado de ubre actual (izquierda) y propuesto (derecha) – Elaborado por el autor**

Luego de secar la ubre, el operario procede a ordeñar la vaca.

- **Ordeño de la vaca**

La técnica de ordeño manual se mantiene con la propuesta, pero la metodología de la operación cambia. Por un lado, no tendrá que soportar ni direccionar el balde y por otro la postura de trabajo cambia (ver ilustración 54).

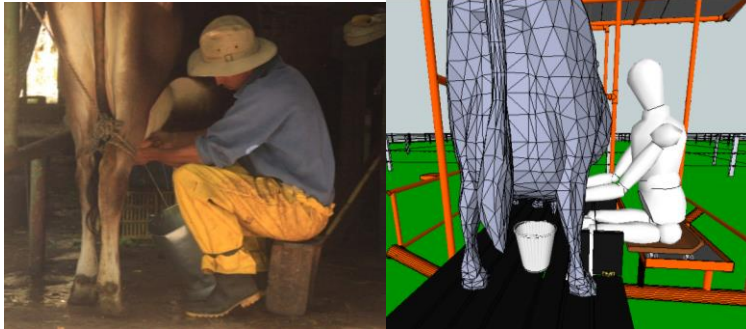


Ilustración 54: Ordeño de ubre actual (izquierda) y propuesto (derecha) – Elaborado por el autor

Con la implementación del puesto de ordeño la postura de trabajo cambia radicalmente, se reducen los ángulos de flexión de rodillas, espalda, brazo y cuello, haciendo que el riesgo de afectaciones musculoesqueléticas pase de muy alto a bajo.

Una vez ordeñada la vaca, el operario se levanta, cierra el espacio de la estiba bajando las dos piezas y camina aproximadamente 1,5 metros para verter la leche en la cantina que se encuentra en la carretilla. En la situación actual ésta distancia es de 6 metros. Teniendo en cuenta que el recorrido es de ida y regreso, se tendrá una reducción de 9 metros/vaca ordeñada<sup>103</sup>.

- **Soltar patas de la vaca**

Luego de verter la leche, retorna al puesto de ordeño móvil, “desamarras las patas y **suelta el brete**” para que la vaca salga. Para esto, acciona la misma palanca con la que ajustó el cuello en el brete y da la orden de salida a la vaca.

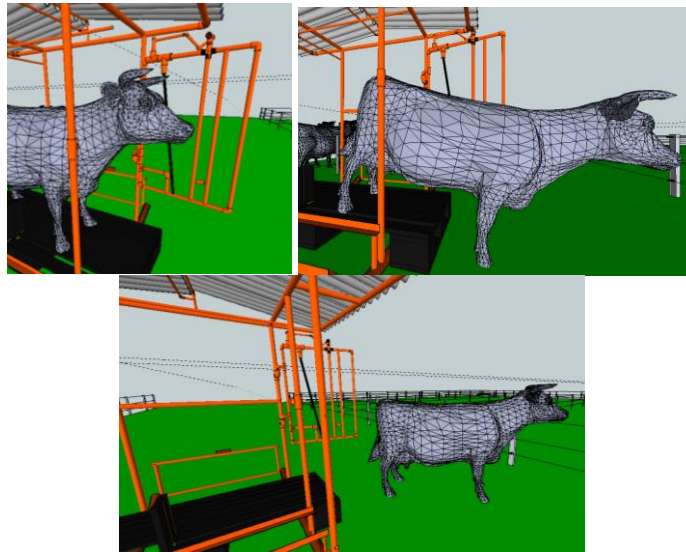


Ilustración 55: Apertura del brete para dar salida a la vaca

<sup>103</sup> Se obtiene restando la distancia total actual (12metros) y la distancia propuesta (3).



En éste punto con la propuesta de solución, se eliminará la actividad “Arrear vaca hasta retirarse de la sala”, dado que por sí sola se dirigirá al subpotrero asignado y no afectará el proceso.

Las operaciones desde “abrir el acceso de la vaca al puesto de ordeño móvil” hasta “soltar la vaca del brete” se repiten para todo el hato lechero. Terminado este ciclo, el operario **acomoda el ganado en el subpotrero**, llevándolo hasta este y cerrando la cerca eléctrica. Como se explicó en la descripción del proceso actual, en Gabeno se desarrolla rotación intensiva y es en esta etapa del rediseño del proceso en la que se lleva a cabo esta actividad.

Completada la rutina de ordeño, el operario adecua los implementos utilizados en la carretilla y se desplaza desde “el potrero hasta la sala de ordeño” para realizar en este punto el lavado de los implementos. El recorrido en ésta etapa del proceso tiene el mismo comportamiento que el transporte 1 (explicado anteriormente). En el estudio éste recorrido se denominó “transporte 2” y la variación de la propuesta respecto a la situación actual de la distancia es la misma del transporte 1 es decir 52,95%. En el proceso actual se desarrollan dos recorridos: uno para “llevar el ganado desde la sala de ordeño hasta el potrero” (ida) y otro para regresar a la sala de ordeño. En el rediseño del proceso sólo se realizará el recorrido de regreso.

Una vez ubicado en la sala de ordeño, procede a limpiar los utensilios y al finalizar, se dispone a enfriar la leche contenida en la cantina. Debido a la carencia de cuarto de enfriamiento en la finca, las cantinas se introducen en tanques llenos de agua fría. Si el despacho de la leche es el mismo día se deja en este balde, pero si es para otro día, se transporta hasta el punto de procesamiento de productos lácteos y se refrigera.

En este punto se da por finalizado el proceso de ordeño.

## 9. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

El costo de la propuesta se divide en el de las tres alternativas que la componen. La siguiente tabla resume esta información:

<b>Alternativa de la Propuesta de Solución</b>	<b>Materiales</b>
Puesto de Ordeño Móvil	\$ 2.324.000
Sistema de Tratamiento de Efluentes	\$ 950.000,00
Productos para la Limpieza en Ordeño	\$ 87.900
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.361.900</b>

**Tabla 39: Costos Estimados de la Propuesta de Solución**

Para conocer el costo de los materiales dirigirse a Anexo 16: Costos de la Propuesta de Solución.

El modelo que se tuvo en cuenta en primera instancia fue la relación costo-beneficio. En la tabla anterior se especificaron los costos y en la siguiente se explica el único beneficio económico en términos monetarios que se obtiene con la propuesta de solución

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Consumo anual actual de agua en la Finca Gabeno	\$ 1.500.000 <sup>104</sup>
Consumo anual Ganadería	\$ 375.000 <sup>105</sup>
Ahorro anual propuesto	\$ 318.750

**Tabla 40: Beneficios de la propuesta de solución en el consumo de agua- Elaborado por el autor**

Al realizar el cálculo de la evaluación económica, se determina que la inversión supera los beneficios estimados y se concluiría que el proyecto no se recomendaría desde este punto dado que la inversión con los beneficios se recuperará en más de 5 años.

Sin embargo, desde el principio de la presente investigación se enfatizó que el objetivo era reducir el consumo en el uso de un recurso natural no renovable (agua) y en el aumento de la productividad de la mano de obra. Con la reducción en el consumo del agua, se concluye que Gabeno da respuesta a su planeación estratégica y como bien lo manifestó la administración, el beneficio en la sostenibilidad en el uso de este recurso representa más que la recuperación de una inversión: atraerá más entidades interesadas en observar su sistema productivo y tendrán mayor conciencia ambiental sobre la responsabilidad en la sostenibilidad de los ecosistemas.

El incremento en la productividad de la mano de obra no tiene ningún beneficio monetario, pero sí representa mayor calidad de trabajo al: reducir el riesgo de afectaciones musculoesqueléticas y tener mayor satisfacción del operario con un puesto de trabajo más cómodo y versátil.

En conclusión con la implementación de la propuesta de solución se tendrán los siguientes beneficios:

<sup>104</sup> Dato suministrado por Gabeno.

<sup>105</sup> Dato suministrado por Gabeno.

Concepto	Proceso Actual	Rediseño Proceso	Justificación
Número de actividades en el proceso	65/jornada	41/jornada	Se eliminó: - 1 Delimitación de acceso del ganado - 1 Transporte potrero a sala de ordeño - 5 Adecuar vaca en el brete - 5 Desplazamiento para verter la leche - 5 Amarrado de vaca al brete - 5 Arrear vaca hasta salida - 1 Lavado del piso de la sala - 1 Transporte sala de ordeño a potrero (Ver numeral 8.1 Descripción del rediseño del proceso)
Distancia total/jornada promedio de transporte	701,26 m/jornada	324 m/jornada	Se eliminó: - 1 recorrido de “sala de ordeño a potrero” (ida). - 1 recorrido de “potrero a sala de ordeño” (regreso).  (Ver numeral 7.4.2.2 Tiempos operaciones, paso 9)
Tiempo total/jornada promedio en transporte	48,56min/jornada	25,93min/jornada	Mismas justificaciones de la distancia.  (Ver numeral 7.4.2.2 Tiempos operaciones, paso 9)
Tiempo total de jornada	163,42min/jornada	124,96min/jornada	Se debe a: - Eliminación de actividades - Reducción de tiempo de transportes - Reducción en suplemento de fatiga (Ver numeral 7.4.2.2 Tiempos operaciones, paso 9)
Nivel de productividad	59,96%	69,87%	Todo lo conceptos anteriores.  (Ver numeral 7.4.2.2 Tiempos operaciones, paso 9)
Consumo de agua nueva	44.059Lt/mes	39.665Lt/mes	Se debe a: - Sistema de tratamiento de efluentes - Puesto de ordeño móvil  (ver numeral 7.4.1 Simulación Recurso Agua)
Cumplimiento	50% <sup>106</sup>	83,33% <sup>107</sup>	- Se redujo el consumo de agua

<sup>106</sup> Resultado de dividir (# de recursos que cumplen la filosofía en el proceso)/Total de recursos del proceso = 3/6=50%. El 3 hace referencia a: terreno, pasto y animales.

<sup>107</sup> Resultado de dividir (# de recursos que cumplen la filosofía en el proceso)/Total de recursos del proceso = 5/6=83,33%. El 5 hace referencia a: agua, terreno, pasto, animales y mano de obra.

filosofía de Gabeno			- Se reciclara agua - Se utilizará la mano de obra más eficiente
---------------------	--	--	---

Tabla 41: Beneficios con la propuesta de solución en el proceso de ordeño - Elaborado por el autor

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que se recomienda la implementación de esta propuesta de solución en la Finca Gabeno.

## 10. CONCLUSIONES

El objetivo de la Finca Gabeno, es mantener un espacio en el que se experimente la filosofía Biodinámica y la agricultura orgánica. Conceptos que la diferencian de las demás fincas orgánicas en el mercado y que tienen una imagen en el cliente de “familiar con el medio ambiente”.

De los procesos que componen la finca, el proceso de ordeño resultó ser el que menos cumple con su filosofía, utiliza el 100% de los recursos pero tan solo el 50% cumple con la sostenibilidad de su uso. A partir de esto, la presente investigación se enfocó en los recursos agua y mano dado que no cumplen con la planeación estratégica y además tienen un alto en la improductividad por su uso.

En el desarrollo de las actividades de la Finca Gabeno, se ve implícita la variable distancia. Es así como en el proceso de ordeño esta representa el 35% del nivel de improductividad de la mano de obra.

Con base en la distribución actual de la finca, el operario debe recorrer entre 425 metros y un 1 kilómetro por jornada, en un lapso de tiempo que oscila entre 23 y 60 minutos. Lo anteriormente planteado representa la causa de la variabilidad del tiempo de la jornada, ya que según observación directa del proceso, las operaciones inherentes a este no varían de un día a otro, siempre se realiza en el mismo orden y en el mismo lugar.

En la mayoría de las operaciones comprendidas en el proceso de ordeño, según el modelo REBA, se presenta actualmente un riesgo alto de afectaciones musculoesqueléticas por parte del operario. Es el caso del ordeño, limpieza de ubre y el amarrado de las patas. En estas operaciones, los puntos críticos son: tronco, cuello, brazo, antebrazo y muñeca; dado que se superan los rangos mínimos y adicionalmente generan sensación de incomodidad en el operario.

Por otro lado, en el presente estudio se contempló el recurso Hídrico como otro elemento importante, ya que se ha tenido interés en profundizar en el manejo adecuado de este recurso por parte del autor y sobre todo en áreas críticas como en la que se encuentra Gabeno. Según la CAR, la zona de explotación crítica de las aguas subterráneas (tipo de aguas que surten al municipio de Tenjo), “no ocupan si quiera el 10% del área total de la sabana, pero alberga el 50% de los pozos perforados que a su vez extraen el 70% del volumen total extraído del subsuelo”<sup>108</sup>.

Por lo tanto se hace inminente conocer la caracterización y cuantificación del uso del recurso hídrico en la Finca Gabeno, para contribuir a la sostenibilidad de los ecosistemas naturales que a esta rodean.

<sup>108</sup> CAR. (2010). *Alarmente Inventario de Usuarios de Pozo de Agua*. Bogotá.

De acuerdo al diagnóstico desarrollado, el volumen de agua necesario para la producción de los 55 litros de leche producidos por día en la Finca Gabeno, se divide en:

1. **Servicios:** volumen de agua destinado a mantener la limpieza de la ubre, utensilios empleados en el proceso y la sala de ordeño. Se encontró que se consumen 147,67Lt/día en este destino.
2. **Bebida:** volumen destinado a la hidratación del ganado. Para este caso se encontró que se consumen 200,995 Litros/día y se pierden al mes 27,49L por evapotranspiración.
3. **Alimento:** volumen destinado al riego de los productos que constituyen la dieta del ganado. El consumo para este destino es de 1.120Lt/día.

Adicionalmente, en cumplimiento a los objetivos planteados se debe dar respuesta al nivel de productividad en el uso de este recurso. Para esto, se trabajó el concepto “Agua Virtual”, el cual hace relación al volumen de flujo hídrico necesario para producir un bien o un servicio. Según esto, se concluyó que actualmente Gabeno para obtener un litro de leche utiliza 26,70 Litros de agua.

Este último indicador no tiene punto de comparación para saber si en realidad se es productivo o no, pero retomando la filosofía del negocio que habla sobre la “sostenibilidad en el uso de los recursos”, se percata que el uso en la finca es ineficiente porque se contamina con el estiércol del animal, no se tiene control en su consumo, no se recicla ni reutiliza, entre otros.

Para este recurso se definieron otros indicadores de productividad; uno de eficacia y otro de eficiencia en el consumo, aunque los conceptos relacionados en estos indicadores aún no están presentes en el proceso productivo de la finca. A pesar de esto, sirvieron como criterios de evaluación de las alternativas de solución.

Teniendo en cuenta el nivel de productividad de cada recurso (mano de obra y agua) y las causas atribuibles de su comportamiento, se procedió a diseñar la propuesta de solución que contribuyera al mejoramiento de los indicadores definidos, mediante el “Proceso de Diseño en Ingeniería”.

El punto de partida de este proceso fue la investigación de soluciones en el mercado, asesoría de expertos y diseño propio, lo que conllevó a una lluvia de ideas, que luego a través de un proceso de evaluación y ponderación, se llegó a la conclusión que la propuesta de mejora estaría compuesta por:

#### **1. Ordeño en potrero con estructura móvil y sistema de ordeño manual.**

Consiste en un nuevo puesto de trabajo para el operario en el proceso de ordeño, en el cual la ubre de la vaca está más al alcance de éste, generando beneficios en la reducción del riesgo de afectaciones musculoesqueléticas, suplementos por fatiga y tiempo en las operaciones del proceso.

#### **2. Adquisición de soluciones desinfectantes en el sellado y presellado de ubres.**

Son soluciones que reducen la exposición del ganado a “Mastitis Bovina” y garantizan su bienestar, además que contribuyen a mayor higiene en la operación de lavado.

### **3. Sistema de tratamiento de efluentes.**

Consiste en la adecuación del sistema de tratamiento de las aguas residuales, para reciclar el agua utilizada en la operación de lavado del proceso de ordeño, exceptuando el volumen de agua que se utiliza actualmente en el lavado de la sala de ordeño, ya que con la propuesta de solución, el proceso se llevará a cabo en el potrero, sin requerir el lavado del piso de la sala.

Con las alternativas aquí enunciadas, se reduce la distancia de recorrido en un 53,16%; el tiempo total de transporte en un 53,37% y el tiempo de la jornada en un 23%. El efecto de estos cambios, equivale al incremento de la productividad de la mano de obra en el 16,65%.

El tiempo en que se redujo la jornada de trabajo fue de 27 minutos aproximadamente. Se asegura que si Gabeno decidiera invertir en una cabeza de ganado adicional, el operario estaría en capacidad suficiente para ordeñarla en el mismo tiempo de la jornada que se tiene actualmente, ya que el tiempo promedio de ordeño de una vaca incluyendo el alistamiento de la misma es de 20 minutos/jornada (resultados de esta investigación).

Adicionalmente, con las alternativas de solución enumeradas anteriormente se tiene una mejora del 9,97% en la productividad<sup>109</sup> en el uso del recurso hídrico en el proceso de ordeño, donde el consumo promedio de agua por litro de leche, pasa a ser de 26,70Litros/mes a 24,03litros/mes. Esto último representa una disminución de 4.394litros/mes de agua nueva en el proceso de ordeño.

Con el sistema de tratamiento de efluentes la productividad en el reciclaje del agua nueva<sup>110</sup> pasa del 0% al 94,41%. La razón de esto es que con el sistema se reciclarán 608 litros en promedio al mes, de los 644litros/mes que se tienen estimados como consumo, con la propuesta de solución, en la operación de lavado.

Al analizar minuciosamente la propuesta de solución desde una perspectiva técnica se concluye que es viable, porque mejora los indicadores de productividad de los recursos involucrados en el estudio de la Finca Gabeno y sirve como solución a los problemas detectados en el uso de los recursos contemplados.

Los impactos enunciados anteriormente y el cumplimiento de la filosofía de la finca en el uso de los recursos mano de obra y agua, hacen que la presente investigación se recomiende a una implementación.

## **11. RECOMENDACIONES**

En la etapa de diagnóstico, se identificó que la operación de lavado no se realiza de acuerdo a las Buenas Prácticas Ganaderas. De acuerdo a esto se recomienda que en la operación de lavado se realice el despunte de pezones. Esta actividad consiste en eliminar los 3 primeros chorros de leche de cada pezón antes de realizar la limpieza de la ubre.

---

<sup>109</sup> Producción de leche en litros/Litros de Agua Virtual.

<sup>110</sup> Litros de agua reciclada en el lavado/litros de agua nueva consumida en el lavado.

Además de esto, se recomienda el uso de las disoluciones que limpian y sellan la ubre de la vaca (propuestas en este estudio) para mantener y si es el caso mejorar la salud de los animales.

Por otro lado, se identificó que el volumen de producción del ganado (10litros/día/VO) de la Finca Gabeno es muy bajo en comparación al volumen de ganado de lechería especializada (50litros/día/VO). Esta inquietud se socializó con la Zootecnista Niyired Orozco, de donde aseguró que el cuello de botella de la ganadería está en la dieta de los animales. Se puede inferir que en Gabeno están teniendo problemas con este factor y por lo cual se recomienda analizar con mayor profundidad a fin de determinar si es un problema realmente o no.

Por otro lado, para garantizar el cumplimiento de lo concluido en la presente investigación, se recomienda que se realice la evaluación en el uso de los recursos con los indicadores definidos.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2000). Buenas Prácticas de Operación en el Lavado de Plantas y Equipos - Guía para empresarios. Bogotá.
- Benavides, R. A. (2011). Sostenibilidad de los Sistemas Ganaderos localizados en el Parque Nacional Natural de las Hermosas y su Zona de Influencia. Palmira.
- Campesinos, Fundación Hogares Juveniles. (2004). *Agricultura alternativa. Principios*. Bogotá D.C: SAN PABLO.
- CAR. (2010). *Alarmante Inventario de Usuarios de Pozo de Agua*. Bogotá.
- Cardona, H. J. (2005). *Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín*. Recuperado el 20 de 07 de 2012, de <http://www.agro.unalmed.edu.co/departamentos/panimal/docs/BPPL3.pdf>
- Casado, R. R., & Garrido, P. N. (06 de 2009). *La Huella Hídrica de la Ganadería Española*. Madrid.
- Catering. (2011). *Revista Catering*. Recuperado el 2012, de [http://www.catering.com.co/ediciones\\_catering/EDICION11/innovacion.pdf](http://www.catering.com.co/ediciones_catering/EDICION11/innovacion.pdf)
- CEPAL. (2007). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2006 -2007*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Cesar Mendoza F, Z. M. (2011). Variaciones diarias de la oferta forrajera, efecto sobre la producción y calidad de la leche. *MVZ Córdoba*.

- Chan, K. K., & Spedding, T. A. (2003). An integrated multidimensional process improvement methodology for manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*.
- CIPAV. (2009). Ganadería y Medio Ambiente. Valle del Cauca, Colombia.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2010). *Documento Conpes 3675*. Bogotá.
- Corpoica. (2002). *Capacitación a Pequeños Ganaderos - Salud Ocupacional*. Bogotá.
- Corpoica. (2005). *Corpoica*. Recuperado el 19 de 07 de 2012, de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/CAPITULOCUATRO.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2009). *Plan de Manejo Ambiental de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona Crítica*.
- DNP - Departamento Nacional de Planeación. (2011). *Balance Sector Industrial 2011*. Bogotá.
- Documentos Planning. (1999). *Indicadores de Efectividad y Eficacia*. Recuperado el 07 de 03 de 2012, de <http://www.planning.com.co/bd/archivos/Octubre1998.pdf>
- Environmental Ingenieros Consultores. (s.f.). Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Tenjo. *Aspecto Biofísico*.
- Ergonautas. (2010). *REBA (Rapid Entire Body Assessment)*. Recuperado el 28 de 02 de 2013, de <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- Escuela de Ingenierías Universidad Sergio Arboleda. (2010). *Conceptos de Productividad*. Recuperado el 22 de 01 de 2012, de [http://ingenierias.usergioarboleda.edu.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=151%3Aconceptos-de-productividad](http://ingenierias.usergioarboleda.edu.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=151%3Aconceptos-de-productividad)
- España, D. R. (2006). Estudio sobre fugas, estado y funcionamiento acerca de las trampas de vapor, cálculo de pérdidas de energía y de la cantidad de condensado formado al calentar el producto negro. Cartago.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2011). *Depósito de Documentos de la FAO*. Recuperado el 29 de 01 de 2012, de <http://www.fao.org/docrep/006/y4525s/y4525s06.htm>
- FAO. (2000). El burro como animal de trabajo. *Estudio FAO Producción y Sanidad Animal*. Roma: ISBN 92-5-304455-1 .
- Fasecolda. (2011). *El Sistema General de Riesgos Profesionales*. Bogotá.
- Fernández, E., Avella, L., & Fernández, M. (2004). *Estrategia de Producción*. Madrid: McGraw - Hill.



- Gómez, J. C., & Galindo, L. A. (2008). Evaluación del efecto de los Microorganismos Eficaces (EM) sobre la calidad de un Agua Residual Doméstica. Bogotá.
- Heizer, J. y. (2007). *Dirección de la producción de operaciones - Decisiones estratégicas*. Madrid: Pearson.
- Hoekstra, A. (2008). Journal of Environmental Management.
- ICA. (2011). Las Buenas Prácticas Ganaderas en la Producción de Leche. Bogotá D.C., Colombia.
- J. Krueve, M. P. (2000). *La rutina de ordeño y su rol en los programas de control de mastitis bovina*. Valdivia, Chile.
- LE DU, Y., & PENNING, P. (1982). *Animal Based Techniques for Estimating Herbage Intake*. J.D Leaver. The British Grassland Society.
- Madrigal, W. P. (2005). Limpieza de la sala de ordeño y corrales de espera en lecherías, con uso racional del agua. Alajuela, Costa Rica: Tecnología en Marcha.
- Magariños, H. (2000). Producción Higiénica de la Leche Cruda - Guía para la pequeña y mediana empresa. Guatemala.
- Mayorga, S. A. (12 de Julio de 2007). Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos. Bogotá: Universidad EAFIT.
- Méndez, R. (2008). *Cultivos Orgánicos*. Bogotá D.C: ECOE EDICIONES.
- Ministerio de la Protección Social. (28 de Febrero de 2006). Decreto número 616 de 2006. Bogotá, Colombia.
- NOSETTI, L. (2002). Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros. Buenos Aires.
- Observatorio CEPAL. (2010). *Estadísticas de Productividad en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 10/05/2013, de <http://observatorioredesempresariales.files.wordpress.com/2010/08/estadisticas-de-productividad-en-america-latina-y-el-caribe>
- Panero, J. (2006). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores estándares antropométricos*.
- Positiva Compañía de Seguros y Universidad Nacional de Colombia. (2011). Protocolos de Intervención para la prevención de los desórdenes músculo esqueléticos de miembro superior y de espalda en actividades de Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura. Bogotá.
- Proexport Colombia. (2011). *Sector Agroindustrial Colombiano*. Bogotá.

- Proexport Colombia. (2011). *Sector Lácteo en Colombia*. Bogotá.
- Richard B.Chase, F. R. (2005). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. México D.F: McGraw - Hill.
- Steiner, R. (1988). Curso sobre agricultura biológico-dinámica. Madrid: Rudolf Steiner.
- Superintendencia de Sociedades. (2012). *Comportamiento del Sector Real de la Economía*. Bogotá.
- Tecnología en Marcha. (2007). *Tecnológico de Costa Rica*. Recuperado el 27 de 07 de 2012, de [http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial\\_tecnologica/Revista\\_Tecnologia\\_Marcha/pdf/tecnologia\\_marcha\\_19-2/revista\\_19-2\\_53-58.pdf](http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha_19-2/revista_19-2_53-58.pdf)
- Universidad del Valle- Facultad de Ingeniería; Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. (2002). *Conceptos Básicos de la Contaminación del Agua y Parámetros de medición*. Santiago de Cali.
- Universidad Sergio Arboleda. (2010). *Página Institucional*. Recuperado el 12 de 07 de 2012, de [http://ingenierias.usergioarboleda.edu.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=160:rol-de-la-ingenier%C3%ADa-industrial-en-el-desarrollo-agroindustrial-de-colombia&Itemid=235](http://ingenierias.usergioarboleda.edu.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=160:rol-de-la-ingenier%C3%ADa-industrial-en-el-desarrollo-agroindustrial-de-colombia&Itemid=235)
- Water Footprint Network. (2012). *Huella Hídrica*. Recuperado el 08 de 03 de 2013, de <http://www.huellahidrica.org/index.php?page=files/home>