

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Taborda (2011) en su trabajo sobre mejoramiento y calidad de la Leche, menciona:

La “producción de leche” para el consumo humano se remonta desde la prehistoria. En épocas anteriores la leche se obtenía de la vaca y debía consumirse de forma rápida luego del ordeño porque no existían formas para preservarla. Hoy en día la producción comercial de leche se ha convertido en una industria compleja. La leche puede almacenarse en el centro lechero o hacienda y puede ser transportada a largas distancias hasta la Industria lechera.

La Leche es el fluido biológico que segregan las hembras de los mamíferos y cuyo papel es aportar los nutrientes y la energía necesaria para el crecimiento y el desarrollo de las crías en los primeros meses de vida. Se puede considerar como uno de los alimentos más completos que existen, ya que contiene proteínas, hidratos de carbono, grasas, vitaminas y sales minerales de alto valor biológico, hasta el punto de constituirse como un alimento que se consume durante una etapa muy importante de nuestra vida.

La composición de la leche y la concentración de los diferentes componentes varían en función de la especie animal, la raza, la genética, la alimentación, el número de ordeños diarios, edad, etc. En la Tabla I-1 se muestra la composición y el aporte energético de la leche de vaca en relación con otros productores de leche (por cada 100 gramos):

Tabla I-1. Composición y Energía de la Leche de Diferentes Especies

Nutrientes	Vaca	Búfalo	Humano
Agua (g)	88	84	87.5
Proteína (g)	3.2	3.7	1.0
Grasa (g)	3.4	6.9	4.4
Lactosa (g)	4.7	5.2	6.9
Minerales (g)	0.72	0.79	0.20
Energía (Kcal)	61	97	70

Fuente: Agrobot (s.f)

De forma tradicional, la leche era recolectada en cántaros; sin embargo, debido al volumen que requieren las industrias lácteas, esta forma de transporte ha quedado en desuso, siendo en la actualidad el empleo de camiones cisternas de grandes dimensiones para el transporte de la leche desde los centros productores hasta la propia industria.

El Instituto Tecnológico Superior de Acayucan (ITSA, 2013) indica:

En la “Industria Láctea” es muy importante que se planifique y se organice correctamente la recolección y el transporte de la leche cruda de su zona de producción hasta la industria transformadora. La leche al ser un producto muy fácilmente contaminable y muy susceptible a la elevación de la temperatura, es importante que se realice la conservación respectiva en el centro lechero que implica mantener las condiciones nutritivas e higiénicas de la leche, mediante el enfriamiento de la misma. La leche recién ordeñada es de aproximadamente 37 °C, por lo que, a esta temperatura la multiplicación microbiana se realiza de manera rápida, por el ambiente que es el adecuado para el desarrollo de las bacterias.

“La leche es un alimento muy completo desde el punto de vista nutricional, lo que la hace susceptible a microorganismos, que encuentran en ella las condiciones ideales para nutrirse y multiplicarse” (García Hurtado, 2013).

Al hablar de microorganismos usualmente se piensa en algo negativo, pero no es así, dentro de los microorganismos hay que diferenciar a los siguientes:

- **Microorganismos que causan alteraciones:** Aquellos que son responsables del deterioro de los alimentos originando grandes pérdidas económicas; podemos mencionar: Mohos, Levaduras, etc.
- **Microorganismos patógenos:** Responsables de producir enfermedades, que son transmitidas desde el alimento que los contienen, entre ellas: Salmonella, Escherichia Coli, Stapylococcus Aureus.
- **Microorganismos beneficiosos:** Se desarrollan en el alimento originando cambios en la textura, olor y sabor de manera positiva al producto, los más comunes son: Lactobacillus, Streptococcus, etc.

Ferraro (s.f) en su trabajo sobre calidad de la leche en conjunto con La Asociación Pro Calidad de Leche (APROCAL, Argentina), indica:

La “calidad de la leche” es proveniente desde el ordeño de vacas sanas, bien alimentadas, libres de olores, sedimentos, substancias extrañas y reúne las siguientes características:

- Cantidad y calidad apropiada de los componentes sólidos (grasa, proteína, lactosa y minerales).
- Mínimo de carga microbiana.
- Libre de bacterias causantes de enfermedades (brucelosis, tuberculosis, patógenos de mastitis), y toxinas (sustancias tóxicas) producidas por bacterias u hongos.
- Libre de residuos químicos e inhibidores.
- Mínimo de células somáticas.

Los factores como la contaminación de la leche en el tanque y la sanidad de las ubres alteran la calidad de la leche y por lo cual también influye directamente en la calidad del producto final.

“La modernización de la industria lechera conlleva a la modificación de las diferentes formas de producción, manejo animal, sistema de ordeño y beneficio de la leche, para

obtener un producto de excelente calidad, sano e inocuo para la salud humana y que además presente las mejores condiciones para los procesos tecnológicos de transformación” (Taborda, 2011).

En la planta PIL Tarija S.A se produce una gran variedad de productos; actualmente se recibe alrededor de 30000 L/d de leche cruda a la planta para su procesado y conversión en los diferentes productos lácteos.

Uno de los sistemas importantes en la planta es el Sistema Integrado de Recolección, Transporte, Recepción y Almacenamiento de la Leche Cruda, porque requiere el control de calidad de la misma, debido a que los productos elaborados dependen en gran medida de cuan buena es la calidad de la leche.

La necesidad de realizar el estudio en el sistema mencionado, es aportar en la solución de los problemas existentes:

- La leche es un producto fácilmente contaminable y muy susceptible a la elevación de la temperatura, al no tener un enfriamiento previo luego del ordeño, da como resultado un rápido crecimiento microbiano.
- Debido al rápido crecimiento microbiano, se produce la acidificación y un posterior rechazo de la leche, y una variación en la calidad de los productos terminados.
- Sistema de transporte deficiente, no conserva la calidad de la leche desde la recolección hasta llegar a instalaciones de la empresa.
- La leche llega a la planta con una temperatura mayor a los 13 °C, y la Norma Boliviana NB 33013 indica que la leche debe ser procesada con temperaturas inferiores a 10 °C, para que la calidad de la leche no se vea afectada.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Modernizar el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico en el actual sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A.
- Caracterizar la leche cruda en cumplimiento de estándares de calidad y normas de seguridad alimentaria que recibe PIL Tarija S.A mediante el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento vigente.
- Identificar los puntos críticos en el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A.
- Proponer y seleccionar las alternativas de solución tecnológica que modernice el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A.
- Diseñar y especificar las alternativas de solución tecnológica que moderniza el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A.
- Realizar el análisis económico de las alternativas tecnológica elegida para modernizar el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 Justificación Tecnológica

Actualmente, el sistema integrado requiere de un mejoramiento desde las Buenas Prácticas de Manipulación hasta lo tecnológico; debido a este concepto se efectúa una modernización en el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda.

1.3.2 Justificación Económica

En lo económico existe la reducción de un 4 a 5 % de rechazos en la recepción de la leche en la planta que equivale a 1300 L; esta cantidad puede aumentar en épocas de

verano, además, menores costos de operación de los equipos para el proceso de recepción y almacenamiento de leche cruda.

1.3.3 Justificación Social

En el aspecto social, una mejora en la calidad de los productos terminados, da lugar a una satisfacción por parte de los consumidores en general. Además, la planta podrá cumplir la demanda en la elaboración de productos lácteos, de gran calidad e inocuidad como establecen las normas de productos lácteos.

Los productores de leche, se benefician mediante la capacitación y el buen manejo de la leche generando recursos económicos y evitando las pérdidas mencionadas en la justificación anterior generando un bienestar en los proveedores.

1.3.4 Justificación Ambiental

En cuanto al aspecto ambiental se aplica conceptos de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche limpio e higiénico. La tecnología propuesta no tiene efectos negativos en contra del ambiente, porque están fabricadas de un material sanitario y propuesto por las normas vigentes. En cuanto a los refrigerantes que se utiliza en los centros de acopio, son del tipo R 404A que son ecológicos (ver Anexo 15) datos que son proporcionados por los proveedores correspondientes.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA PIL TARIJA

S.A

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA PIL TARIJA S.A

2.1 ANTECEDENTES DE LA ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL DE PIL TARIJA S.A

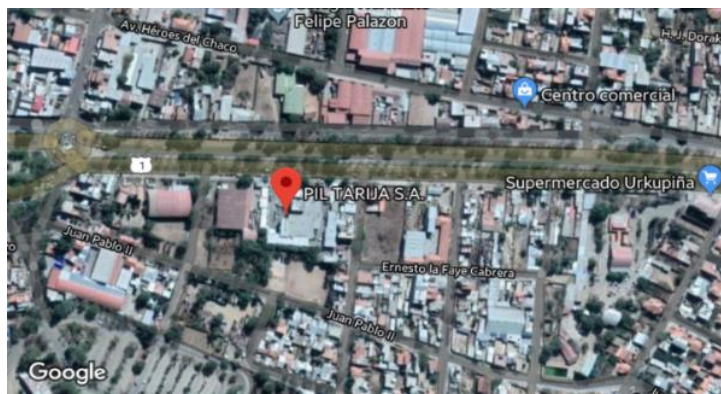
La Planta Industrializadora de Leche PIL Tarija S.A. fue creada el 17 de enero de 1978 por la Corporación Boliviana de Fomento, con el propósito de incrementar el consumo de leche y sus derivados en la población de Tarija, con proyección a crecimiento y expansión. Después pasó a depender de CODETAR. El 4 de marzo de 1996 pasó a propiedad de los productores lecheros y trabajadores de la empresa, convirtiéndose de esta manera en una Sociedad Anónima.

Esta empresa en su evolución ofrece a la población una amplia gama de productos de calidad, elaborados bajo estrictas normas de higiene y control de calidad a lo largo de todo su proceso y su comercialización. La planta PIL Tarija S.A. tiene como objetivo obtener productos de alta calidad derivados de la leche, para satisfacer las necesidades de la población Tarijeña.

2.1.1 Localización de PIL Tarija S.A

La Planta está ubicada en el sudeste de la ciudad de Tarija, en la zona de Morros Blancos, se encuentra junto a la carretera principal, dicha planta cuenta con infraestructura básica como agua, vías de acceso, energía eléctrica, etc.

Figura 2-1. Ubicación de la Empresa

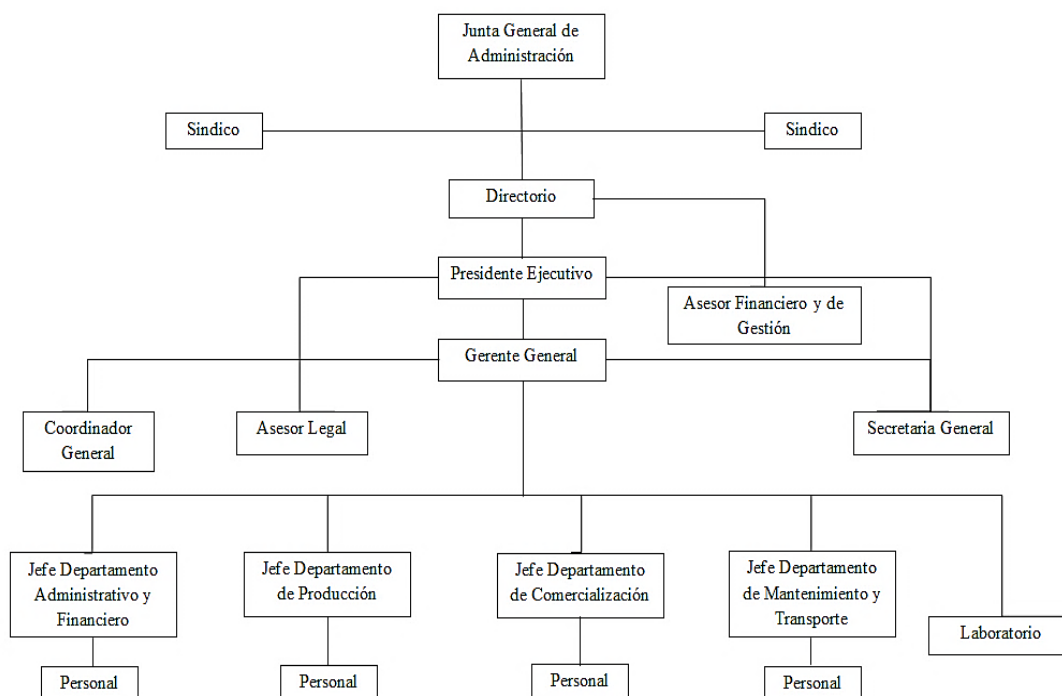


Fuente: Google Maps, 2018.

2.1.1 Distribución y Organización Industrial

En la Figura 2-2 se presenta el organigrama de la planta PIL Tarija S.A.

Figura 2-2. Organigrama de la Planta PIL Tarija S.A



Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

En este proyecto, se comprende el estudio en el Departamento de Producción y Laboratorio, porque en estas áreas de la planta se procede con la recepción, control de calidad y tratamiento de la leche cruda, que se describe en los siguientes puntos del capítulo.

Este departamento cuenta con 49 personas encargadas de la elaboración de los diferentes productos derivados de la leche; en cuanto a control de calidad de los productos elaborados, de las 49 personas, 4 corresponden al jefe de producción y sus asistentes y 5 pertenecen al área de laboratorio.

2.2 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE LA PLANTA PIL TARIJA S.A

2.2.1 Materia Prima de la planta PIL Tarija S.A

“La leche es un líquido limpio y fresco, producto del ordeño higiénico, obtenido de la segregación de las glándulas mamarias de vacas sanas, sin ningún tipo de adición y extracción de sus componentes, se entiende por leche cruda a aquella que no ha sido sometida a ningún tratamiento térmico” (NB 33013, 2013).

Las principales características de la leche son: el color, sabor, aroma y consistencia, propios y únicos de este alimento.

2.2.1.1 Parámetros Físicoquímicos de la Leche Cruda

Los controles de los parámetros físicoquímicos de la leche cruda durante el proceso de recepción, son indispensables para determinar la calidad de la leche con la que llega hasta instalaciones de la industria. Los rangos de los parámetros que debe tener la leche según la NB 33013 se detallan a continuación en la Tabla II-1.

Tabla II-1. Requisitos Fisicoquímicos de la Leche Cruda

Parámetros	Rango
Acidez titulable (Ácido Láctico) en %	0.13 a 0.18
Densidad a 20 °C en g/ml	1.028 a 1.034
Punto Crioscópico en °C	-0.520 a -0.570
pH	6.6 a 6.8
Materia Grasa mínima en %	3
Sólidos no Grasos mínimos en %	8.2

Fuente: NB 33013, 2013.

2.2.1.2 Parámetros Microbiológicos de la Leche Cruda

El análisis microbiológico de la leche se realiza una vez cada dos meses y es efectuado por el SEDES, para conocer la cantidad y tipo de microorganismos presentes en la leche, para proteger la salud del consumidor y prevenir alteraciones en el producto final. En la Tabla II-2 establecen los parámetros que debe cumplir la leche cruda para que sea apta en la elaboración de los diferentes productos lácteos.

Tabla II-2. Requisitos Microbiológicos de la Leche Cruda

Parámetros	Rango
TRAM (Tiempo de reducción del azul de metileno)	>1 horas
Recuento total bacterias mesófilas	$<4 \times 10^6$ UFC/ml
Recuento de células somáticas	$<1 \times 10^6$
Bacterias esporuladas	$<1 \times 10^2$ UFC/ml

Fuente: NB 33013, 2013.

2.2.2 Productos Elaborados en PIL Tarija S.A

Los productos elaborados en la actualidad por parte de PIL Tarija S.A son:

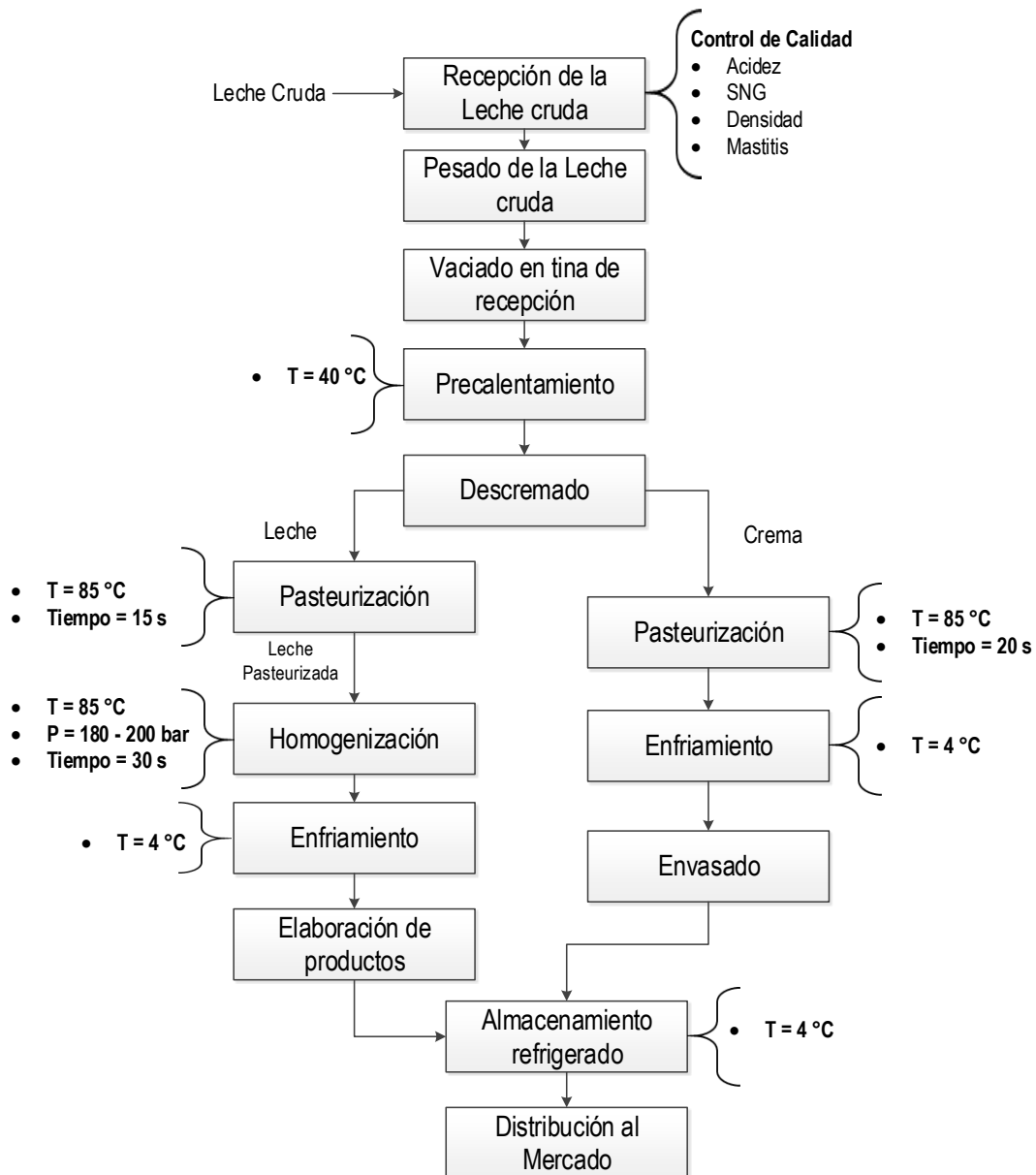
- Leche Pasteurizada
- Leche Saborizada

- Leche en Polvo
- Pilshake
- Superpil
- Dulce de Leche
- Karpil
- Yogurt
- Mantequilla
- Crema de Leche
- Flan
- Queso
- Helado

La planta PIL Tarija S.A se encuentra en proceso de pruebas de nuevos productos para el mercado consumidor, entre ellos Yogurt Tipo Griego.

El diagrama del proceso productivo general para los productos mencionados anteriormente en PIL Tarija S.A se detalla en la Figura 2-3.

Figura 2-3. Diagrama de Bloque del Proceso Productivo en PIL Tarija S.A



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

2.3 INSUMOS Y MATERIALES

El manejo de materiales e insumos, hace referencia al flujo, almacenamiento y control de materiales dentro del proceso productivo. Este manejo debe asegurar que las materias primas, material en proceso, productos terminados y suministros se desplacen periódicamente de un lugar a otro.

En PIL Tarija S.A el manejo de materiales es estricto, el manejo de la materia prima es controlado por el personal de producción, y cuenta con el respaldo del personal de laboratorio. En cuanto a demás materiales e insumos para la elaboración de los diferentes productos, se cuenta con un almacén donde permanecen en condiciones para no deteriorarlos, y luego ser trasladados a las salas de proceso de acuerdo al pedido realizado con la cantidad necesaria, aprobada por el jefe de producción.

2.4 SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares son una de las áreas claves para mantener la operación óptima y continua de la planta, son imprescindibles y a menudo una clave para alcanzar el buen desarrollo de producción. Los principales servicios con los que cuenta PIL Tarija S.A se detallan a continuación:

- Agua
- Generación de vapor
- Aire comprimido
- Electricidad
- Gas

2.4.1 Agua

La planta PIL Tarija S.A cuenta con dos pozos para el abastecimiento de agua, cuya capacidad de ambos es de 200 m³/d, logrando satisfacer el consumo de agua diario.

Estas aguas son “Aguas Duras” reciben un tratamiento para su ablandamiento mediante intercambio iónico tipo resinas sintéticas, en especial para ser usadas por los equipos donde se realiza el intercambio de calor como ser los calderos, porque al usar un agua dura, estos equipos sufren efectos perjudiciales como la formación de sarros, ocasionado por la precipitación de iones Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, etc.

Tabla II-3. Características del Ablandador de Agua de PIL Tarija S.A

Características	Valores
Marca	Silhorco
Industria	Danesa
Tipo	SF 602-CSD # 8941
Capacidad	4000 L/h

Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

2.4.1.1 Agua Fría

Para la obtención de agua fría, la planta cuenta con un Banco de Agua Helada donde utiliza amoníaco como gas refrigerante, el ciclo de refrigeración comprende la compresión, condensación, expansión o evaporación.

El banco está compuesto por una serie de serpentines que enfrían al agua que entra hasta temperaturas de 1 °C y 2 °C. Dentro de los serpentines ocurre la evaporación del amoníaco, éste absorbe calor del agua para poder evaporarse y enfriando a la misma. Para ayudar al intercambio de calor, el banco de agua helada cuenta con un agitador que además mantiene la temperatura del agua en piscinas aisladas.

Las piscinas donde se almacena el agua fría, tienen una capacidad total de 55 m³ y su flujo de distribución a las diferentes salas de proceso es variable; para la sala de recepción de leche cruda el flujo de agua fría es de 5000 L/h, cuando se requiere más cantidad, se procede con el aumento del caudal mediante otra línea de distribución cuyo caudal es de 10000 L/h.

2.4.1.2 Agua Caliente

En PIL Tarija S.A para el calentamiento del agua se emplea el sistema de mezclado de agua con vapor, este se lo realiza mediante burbujeo del vapor en el agua, de esta forma el vapor transfiere calor al agua hasta llegar a un equilibrio térmico. Este sistema es empleado en los pasteurizadores y en intercambiadores para el precalentamiento de la leche en la sala de leche en polvo.

2.4.2 Generación de Vapor

Para la generación de vapor, PIL Tarija S.A cuenta con 3 calderos; el caldero principal tiene un sistema dual de quemado pudiendo utilizar gas natural y diésel, lo que le permite una gran flexibilidad en su uso. Los dos calderos restantes funcionan con gas natural y son calderos auxiliares, que se utilizan cuando el caldero principal se encuentra en mantenimiento.

El vapor generado se transporta a los lugares donde se requiere a través de una compleja red de tuberías, térmicamente aisladas con una envoltura de lana de vidrio y recubiertas exteriormente con una envoltura plástica roja. Como se requiere distintas cantidades de calor en cada equipo, se cuenta con válvulas de reducción de la presión. Es conveniente mencionar que se aprovechan los condensados de los diferentes procesos para alimentar a la caldera, aumentando la eficiencia térmica y disminuyendo costos de precalentamiento y de ablandamiento de aguas.

En las Tablas II-4 y II-5 se presenta las características de los calderos usados en la planta PIL Tarija S.A:

Tabla II-4. Características del Caldero Principal de PIL Tarija S.A

Características	Valores
Marca	Gonella
Industria	Argentina
Modelo	STG 30
Tipo	Humo tubular
Área de transferencia de calor	50.56 m ²
Número de tubos y pasos	79 tubos y 3 pasos
Presión de trabajo	7.95 kgf/cm ²
Presión máxima de trabajo	9.99 kgf/cm ²
Sistema de quemado	Dual (gas natural y diésel)
Producción de vapor	4800 kg/h

Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

Tabla II-5. Características de los Calderos Auxiliares de PIL Tarija S.A

Características	Valores
Marca	Continental automatic
Industria	Norteamericana
Tipo	Humo tubular
Número de tubos y pasos	50 tubos y 2 pasos
Presión de trabajo	6.12 kgf/cm ²
Presión máxima de trabajo	6.93 kgf/cm ²
Sistema de quemado	Gas natural

Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

2.4.3 Aire Comprimido

En PIL Tarija S.A. se utiliza el aire comprimido para el sistema de descarga de la leche en la balanza de pesado, en la válvula de control automático del pasteurizador y en los equipos de envasado.

Para tal efecto se utiliza aire comprimido producido por un compresor provisto de un tanque de almacenamiento de aire a presión. El compresor tiene un sistema de control automático de manera que cuando baja la presión del valor prefijado, se enciende y funciona hasta llegar a la presión fijada. Cuenta con un filtro y una válvula de seguridad y con un dispositivo de tal manera que, si ocurre un corte de energía, al retornar ésta se enciende solo.

Tabla II-6. Características del Compresor de PIL Tarija S.A

Características	Valores
Marca	Schull
Industria	Brasilera
Presión de trabajo	8.16 kgf/cm ²
Presión máxima de trabajo	8.16 kgf/cm ²

Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

2.4.4 Electricidad

PIL Tarija S.A se abastece de energía eléctrica por medio de la empresa SETAR, a través de un transformador para evitar caídas de voltaje. Además de esto, tiene un generador propio, que se lo utiliza solo en caso de corte de energía, y utiliza diésel para la generación de energía eléctrica.

2.5 ELIMINACIÓN DE EFLUENTES

En PIL Tarija S.A se generan los siguientes efluentes:

2.5.1 Efluentes Líquidos

Estos son producidos en abundancia por parte de PIL Tarija S.A; estos vertidos residuales provienen principalmente de:

- Lavado de recipientes y cañerías donde pasan materia prima, materia en proceso y producto.
- Lavado de equipos
- Lavado del trompo en la sala de mantequilla
- Refrigeración
- Condensado de los evaporadores, pasteurizador.
- Vertido de la materia prima, materia en proceso y productos en mal estado.

Todos estos desechos son conducidos a un biorreactor que se encuentra en instalaciones de la empresa, donde se hace un tratamiento previo para luego ser eliminados al alcantarillado de la Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (COSAALT), quien cada mes realiza un control de las aguas que son desechadas por parte de la planta PIL Tarija S.A.

2.5.2 Efluentes Gaseosos

Este tipo de efluentes no son generados por parte de PIL Tarija S.A, debido a que la planta cuenta con una caldera automática dual gas natural – diésel, y dos a gas natural. De este modo la caldera más usada es la automática donde los gases de combustión son eliminados mediante una chimenea.

2.6 OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE, RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA EN PIL TARIJA S.A.

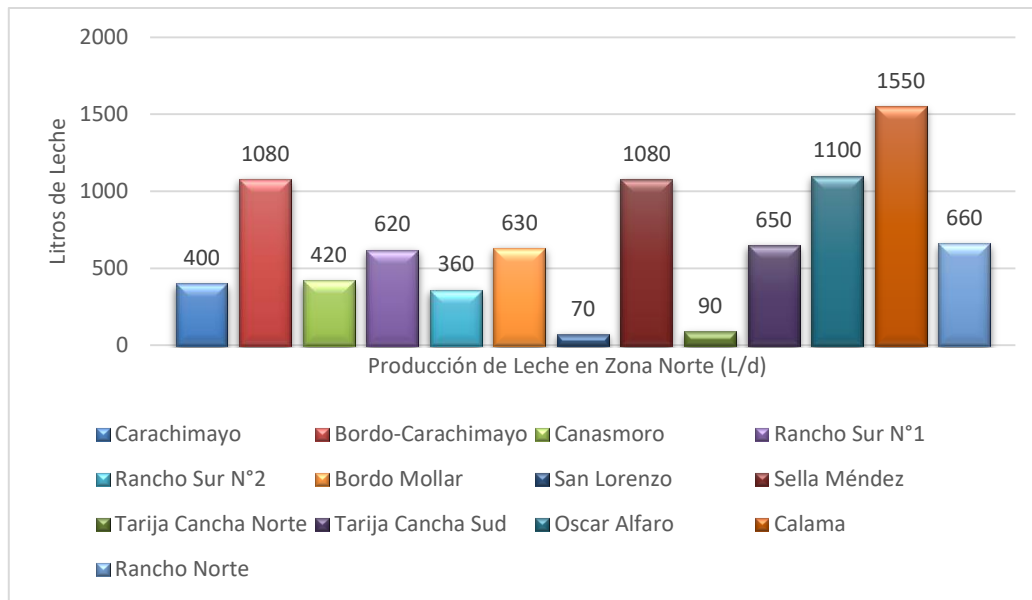
2.6.1 Recolección de la Leche Cruda

La recolección de la leche, empieza desde el ordeño, el cual se realiza de dos maneras, manual y mecánica siendo esta última la más eficiente en lo referente a la higiene y conservación de la leche, pero actualmente no es usada por los productores debido al costo elevado que presentan y porque no cuentan con cantidades de animales vacunos que compensen la adquisición de dichos equipos.

Una vez terminado el ordeño, los productores llevan la leche a los centros de acopio; en dichos centros se realiza el control de la leche por medio de la prueba de alcohol (acidez), luego miden la cantidad entregada por los productores, emitiendo una nota indicando el nombre del productor y la cantidad entregada. En estos centros se cuenta con un tanque provisto de refrigeración y agitación, para una adecuada conservación de la leche hasta que sea transportada a la planta para su procesamiento; sin embargo, existe zonas donde no se cuenta con centros de acopio y zonas donde su centro opera de manera deficiente.

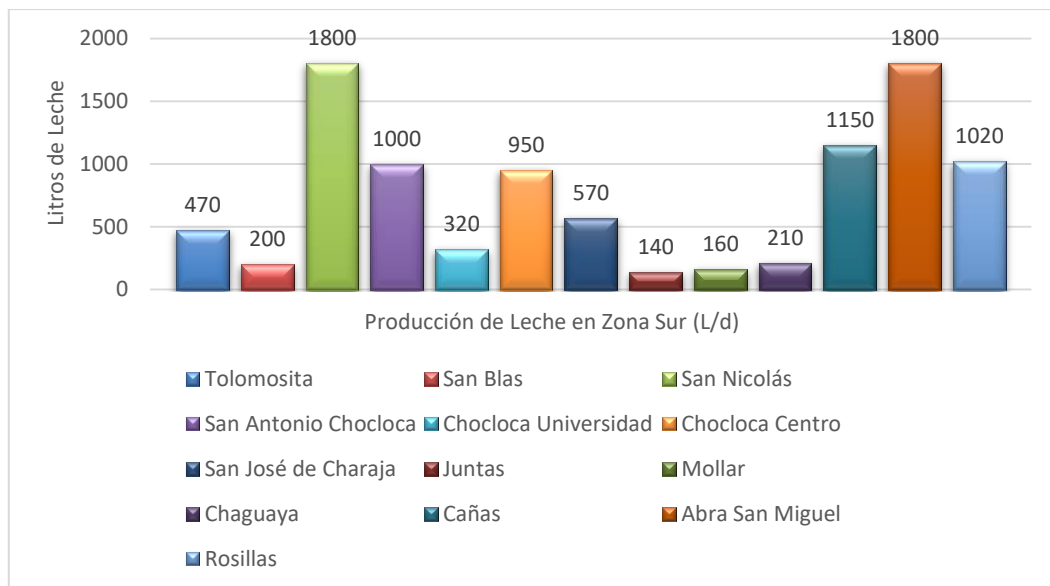
A continuación, en las Figuras 2-4, 2-5 y 2-6 se muestra los lugares donde se realiza la recolección de la leche cruda y se indica la cantidad que entregan a PIL Tarija S.A; estos se encuentran divididos en tres zonas, de acuerdo a la afinidad de su localización.

Figura 2-4. Cantidad de Leche Recolectada en Zona 1 por PIL Tarija S.A



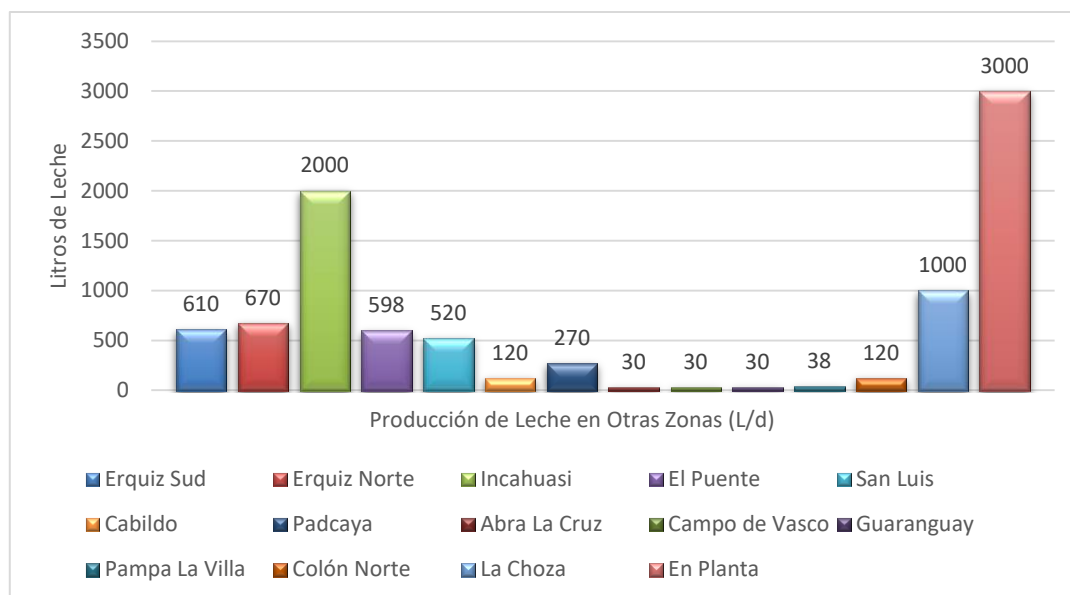
Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

Figura 2-5. Cantidad de Leche Recolectada en Zona 2 por PIL Tarija S.A



Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

Figura 2-6. Cantidad de Leche Recolectada en Zona 3 por PIL Tarija S.A



Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

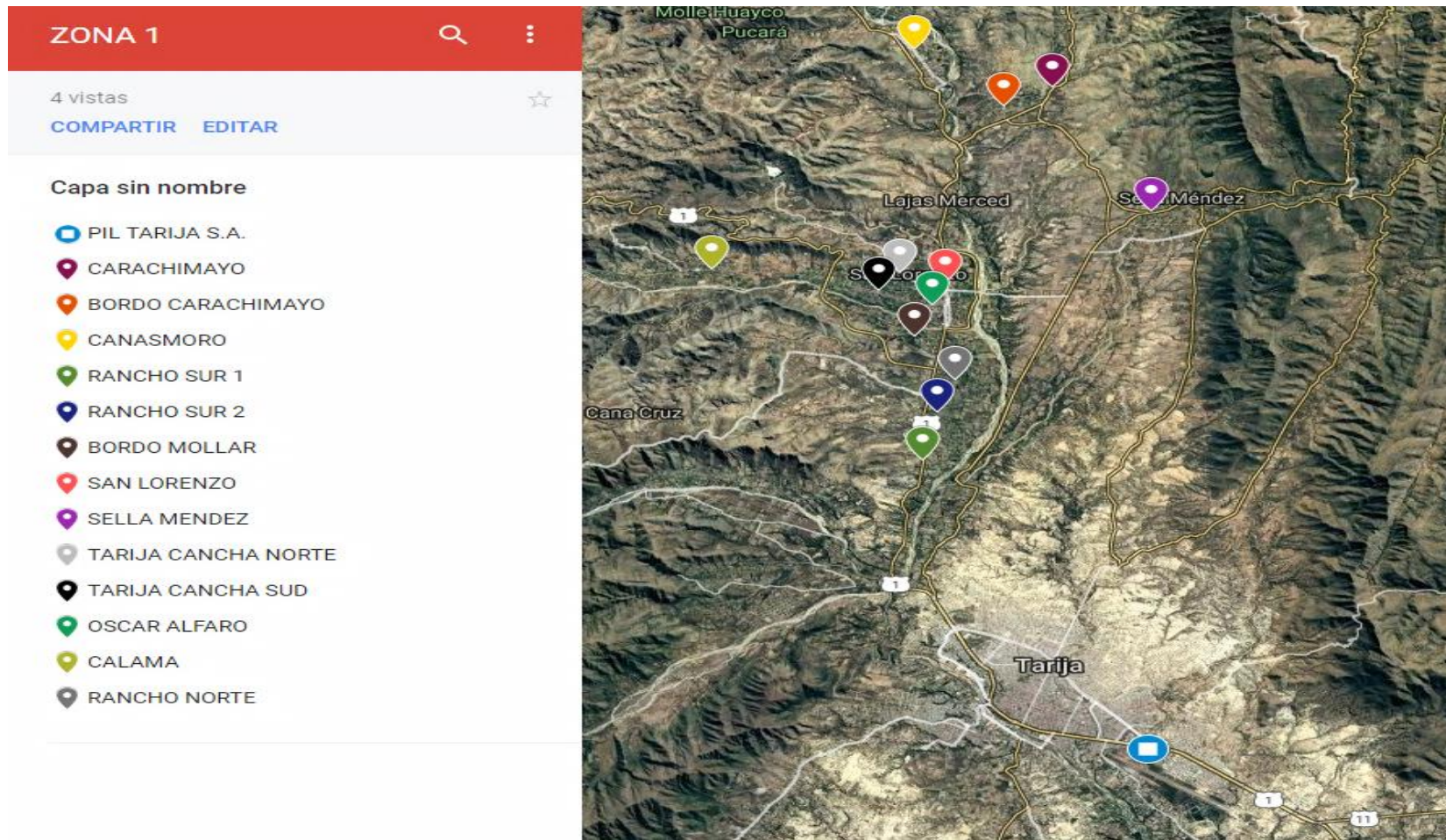
La **Zona 1** de recolección corresponde a los lugares: Carachimayo, Bordo-Carachimayo, Canasmoro, Rancho Sur 1, Rancho Sur 2, Bordo Mollar, San Lorenzo, Tarija Cancha Norte, Tarija Cancha Sud, Oscar Alfaro, Calama y Rancho Norte.

La **Zona 2** de recolección corresponde a los lugares: Tolomosita, San Blas, San Nicolás, San Antonio-Chocloca, Chocloca Universidad, Chocloca Centro, San José de Charaja, Juntas, Mollar, Chaguaya, Cañas, Abra San Miguel y Rosillas.

La **Zona 3** de recolección corresponde a los lugares: Erquiz Sud, Erquiz Norte, Incahuasi, El Puente, San Luis, Cabildo, Padcaya, Abra la Cruz, Campo de Vasco, Guaranguay, Pampa La Villa, Colón Norte, La Choza y En Planta.

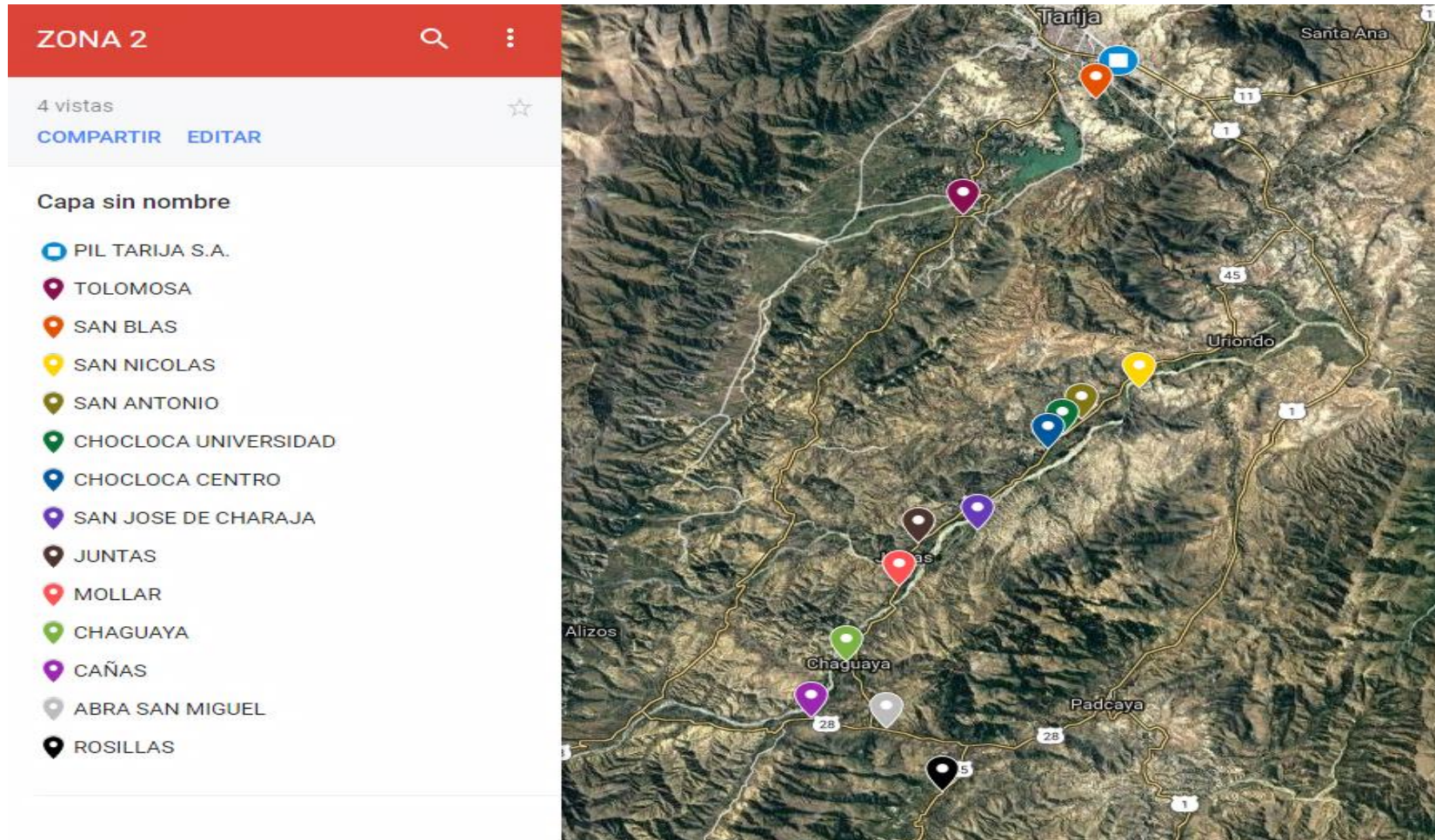
En las Figuras 2-7, 2-8 y 2-9 se observa la ubicación de los lugares mencionados en un mapa geográfico, para un mejor conocimiento de los diferentes puntos de recolección de la leche cruda:

Figura 2-7. Ubicación de Puntos de Recolección Zona 1



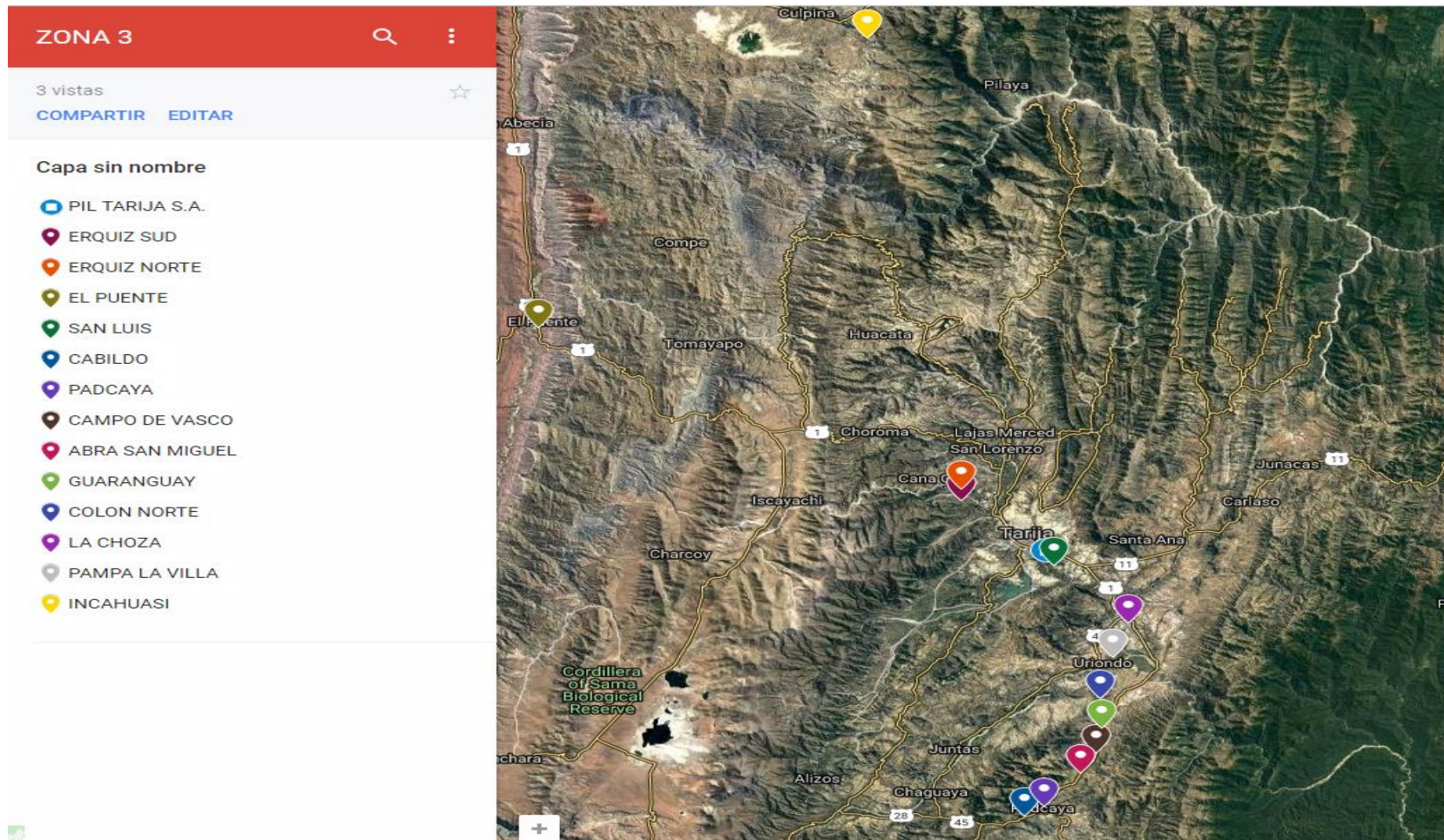
Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 2-8. Ubicación de Puntos de Recolección Zona 2



Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 2-9. Ubicación de Puntos de Recolección Zona 3



Fuente: Google Maps, 2018.

2.6.2 Transporte de la Leche Cruda

En PIL Tarija S.A el transporte de la leche se realiza de dos maneras:

- Existen productores y zonas que transportan la leche en tachos de acero inoxidable con capacidad de 30, 40 y 50 L hasta instalaciones de la empresa.
- Para productores y zonas que cuentan con centros de acopio, la leche se transporta en camiones cisternas que contienen recipientes de almacenamiento, y van realizando la recolección durante su recorrido.

El transporte para la leche más usado y recomendado es mediante cisternas, debido a que presentan sistemas aislantes de calor para conservar a bajas temperaturas la leche, en caso de que el trayecto del vehículo recolector sea largo y moroso.

Aún existe el transporte mediante recipientes individuales, como ocurre en la planta por circunstancias económicas, el transporte de este modo, expone la leche a la acción del calor, lo que puede llegar a deteriorarla debido al aumento de temperatura de la leche.

Figura 2-10. Transporte de Leche Cruda en PIL Tarija S.A



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

2.6.3 Recepción de la Leche Cruda

Una vez en la planta, la leche cruda se somete a una serie de controles que determinan si reúne las condiciones establecidas para su recepción y procesamiento y son los siguientes:

- **Acidez:** Determina el porcentaje de ácido láctico
- **Densidad:** Determina el peso específico de la leche
- **Sólidos No Grasos:** Determina los sólidos totales que tiene la leche, ayuda a sacar conclusiones de posibles adulteraciones de la leche.
- **Control de Alcohol:** Determina la calidad de la leche, si es apta para ser sometida a tratamientos térmicos.
- **Control de Mastitis:** Determina la presencia de células somáticas, que ocasiona una infección en la ubre del animal y una producción de leche de mala calidad.

Los controles del proceso de recepción, deben cumplir con los rangos establecidos en la Tabla II-1. El procedimiento de estos controles se muestra en el (Anexo 1). En la Figura 2-11 se puede apreciar las instalaciones de la recepción de leche cruda en PIL Tarija S.A.

Figura 2-11. Instalaciones de Recepción de Leche Cruda en PIL Tarija S.A



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

CAPÍTULO III

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

CAPÍTULO III

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Para la identificación del problema en el Sistema Integrado de Recolección, Transporte, Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda en PIL Tarija S.A, se realizó un diagnóstico a todo el sistema actual, y se determinó cuáles son los problemas y/o puntos críticos en el sistema mencionado, para esto se utilizó el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en especial los tres primeros principios de Sistema HACCP.

3.1.1 Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)

3.1.1.1 Definición

“El Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) es un sistema de control de calidad de alimentos, se diferencia de los demás debido a que su aplicación posibilita identificar peligros específicos y desarrollar medidas de control apropiadas para controlarlas, garantizando de este modo la inocuidad del alimento” (Organización Panamericana de la Salud, 2017).

3.1.1.2 Principios del Sistema HACCP

El Sistema HACCP consta de siete Principios que engloban la implantación y el mantenimiento de un plan HACCP aplicado a un proceso determinado. Estos principios son:

Principio 1: Realizar un análisis de peligros

La realización de un análisis de peligros es un elemento clave en el desarrollo del plan HACCP; este análisis se describe como la colecta y evaluación de las informaciones sobre los peligros y circunstancias que contribuyen a su presencia.

Los peligros deben ser seleccionados en función a la frecuencia y/o posibilidad de ocurrencia en concentraciones que ofrezcan riesgos significativos al consumidor.

Principio 2: Establecer los puntos críticos de control (PCC)

El punto crítico de control se define como una etapa donde se puede aplicar un control y que sea esencial para evitar o eliminar un peligro a la inocuidad del alimento o reducirlo a un nivel aceptable.

La determinación de un punto crítico de control (PCC) puede ser identificado según su categoría en biológico, físico o químico.

Principio 3: Establecer límites críticos para los puntos críticos de control (PCC)

Deben establecerse los límites críticos que aseguren el control del peligro para cada punto crítico de control (PCC) especificado, y que estos definan como el criterio usado para diferenciar lo aceptable de lo no aceptable.

Los límites críticos pueden obtenerse consultando las exigencias establecidas por reglamentos oficiales y/o en modelos establecidos por la propia empresa o sus clientes.

Principio 4: Establecer procedimientos de monitoreo de los PCC

El monitoreo según el Codex, es el acto de realizar una secuencia planificada de observaciones o medidas de parámetros de control para evaluar si un PCC está bajo control; dichas observaciones determinan si se está respetando el límite crítico.

El monitoreo es el principio que garantiza y confirma si se está siguiendo el plan HACCP.

Principio 5: Establecer medidas correctivas

Una acción correctiva es cualquier acción a ser tomada, cuando los resultados del monitoreo del PCC indiquen una pérdida de control, hay que establecer medidas correctivas cuando el monitoreo indique que hay un desvío en un límite establecido.

Los procedimientos frente a un desvío son un conjunto de acciones que deben implementarse en caso de pérdida de control. La variedad de posibles desvíos de cada PCC significa que puede ser necesaria más de una acción correctora en cada PCC; los desvíos y procedimientos de acciones correctivas se describen de tal forma que los

responsables por el monitoreo del PCC comprendan y sean capaces de ejecutar acciones correctoras adecuadas, tanto para retomar el límite crítico.

Principio 6: Establecer procedimientos de verificación del plan HACCP

La aplicación de métodos, procedimientos, pruebas y otras evaluaciones, además de monitoreo, para determinar el cumplimiento del plan HACCP. Pueden usarse métodos de auditoría, muestras aleatorias y análisis, para determinar si el sistema HACCP está trabajando correctamente.

La verificación debe efectuarse en la conclusión del estudio, por personas calificadas, capaces de detectar las deficiencias en el plan o en su implementación. Las actividades del monitoreo de rutina para los límites críticos no deben confundirse con métodos, procedimientos o actividades de verificación.

Principio 7: Establecer procedimiento de registro del plan HACCP

Los registros son pruebas por escrito que documentan un acto o hecho; son esenciales para revisar la adecuación del plan HACCP y la adhesión del sistema HACCP al plan, un registro muestra el histórico del proceso, el monitoreo, los desvíos y las acciones correctivas aplicadas al PCC identificado.

Deben mantenerse cuatro tipos de registros como parte del plan HACCP:

- Documentación de apoyo para el desarrollo del plan HACCP.
- Registros generados por la aplicación del plan HACCP.
- Documentación de métodos y procedimientos usados.
- Registros de programas de entrenamiento de los funcionarios.

3.1.2 Diagnóstico en la Recolección y Transporte de Leche Cruda

Para la realización del diagnóstico en esta parte del sistema integrado, se procede con un recorrido a todos los lugares de recolección señalados en el capítulo anterior, con el objetivo de evaluar los peligros presentes en el sistema integrado y que no permiten el control de calidad de la leche cruda. Las variables tomadas en cuenta para el diagnóstico se presentan en la Tabla III-1.

Tabla III-1. Variables a Evaluar en el Diagnóstico

Variable	Requisitos a Cumplir	Observaciones
Centros de Acopio	<ul style="list-style-type: none"> -Control de la leche, es decir acidez, densidad y temperatura por un recepcionista del lugar. -Tanque de enfriamiento en funcionamiento. -Servicios básicos (energía, agua, etc.) 	Para considerar que existe un centro de acopio en el lugar visitado, debe contar con todos los requisitos mencionados. No se considera centro de acopio si no cumple con un requisito. En lugares que no exista centro de acopio debe realizarse el control de la leche de todas maneras.
Control por el Recolector (Chofer)	<ul style="list-style-type: none"> -Control de acidez. -Control de temperatura. -Control de volumen 	El recolector (chofer) antes de recolectar la leche, debe corroborar los controles que fueron efectuados por el recepcionista del lugar. Se considera nulo este punto si hace un solo control.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> -Recipiente de recolección isotérmico. -Control de temperatura. 	El transporte debe conservar la temperatura de la leche desde su recolección del lugar de producción hasta llegar a la planta y como dato adicional se toma el tiempo de transporte.

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando la NB 33015, 2006.

De la tabla anterior, los requisitos que se deben cumplir se encuentran mencionados en la norma correspondiente (ver Anexo 5). En cuanto al control de la leche por parte del transportista, debe efectuarse de manera obligada para observar si la leche cumple con los requisitos necesarios. En la Tabla III-2 se muestra los resultados del diagnóstico, donde se señalan datos adicionales para determinar las soluciones a los peligros que se identifican.

Tabla III-2. Resultados del Diagnóstico en la Recolección y Transporte de Leche Cruda

Lugar	N° Productores	Centro de Acopio	Control por el Recolector (Chofer)	Temperatura en la zona (°C)	Temperatura al llegar a la planta (°C)	Tiempo de Transporte	Volumen (L/d)
Carachimayo	15	No	No	14	16	1 h 30 min	400
Bordo-Carachimayo	18	No	No	15	16	50 min	1080
Canasmoro	16	No	Sí	13	14	3 h 50 min	420
Rancho Sur 1	15	No	No	14	15	2 h	620
Rancho Sur 2	5	No	No	12	15	2 h	360
Bordo Mollar	17	No	No	13	15	1 h 20 min	630
San Lorenzo	4	No	Sí	18	11	3 h 30 min	70
Sella Méndez	29	No	Sí	12	14	2 h 50 min	1080
Tarija Cancha Norte	3	No	Sí	12	11	2 h 30 min	90
Tarija Cancha Sud	19	No	Sí	20	14	2 h 10 min	650
Calama	60	No	Sí	14	14	1 h 5 min	1550
Oscar Alfaro	9	Sí	Sí	10	14	1 h 45 min	1100
Rancho Norte	18	Sí	Sí	9	11	45 min	660
San Blas	5	No	Sí	6	11	5 h 10 min	200

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Continuación de la Tabla III-2

Lugar	N° Productores	Centro de Acopio	Control por el Recolector (Chofer)	Temperatura en la zona (°C)	Temperatura al llegar a la planta (°C)	Tiempo de Transporte	Volumen (L/d)
San Antonio Chocloca	11	No	No	15	17	1 h	1000
Chocloca Universidad	9	No	No	17	18	1 h 30 min	320
Chocloca Centro	14	No	No	19	20	1 h 40 min	950
San José de Charaja	9	No	No	9	11	1 h	570
Juntas	4	No	No	7	9	1 h 30 min	170
Mollar	5	No	No	8	10	1 h	160
Chaguaya	3	No	No	12	14	1 h 15 min	210
Cañas	21	No	No	18	20	3 h 10 min	1150
Abra San Miguel	26	No	No	18	20	2 h 20 min	1800
Rosillas	18	No	No	17	19	4 h	1020
Tolomosita	12	Sí	Sí	4	11	5 h 50 min	470
San Nicolás	1	Sí	Sí	4	9	1 h 20 min	1800
Erquiz Sud	14	Sí	Sí	15	11	4 h 50 min	610
Erquiz Norte	1	No	No	13	14	40 min	670

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Continuación de la Tabla III-2

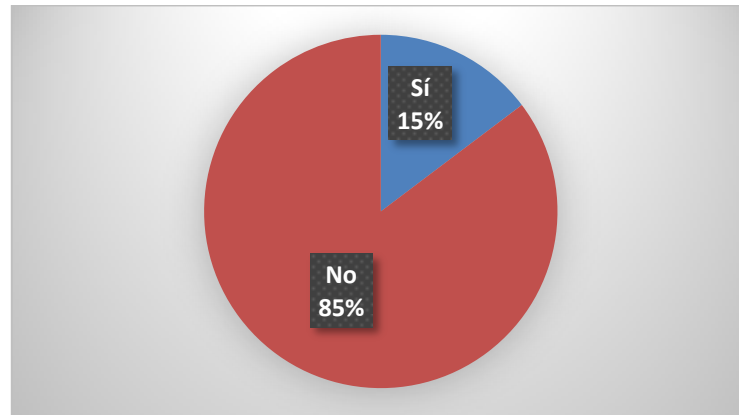
Lugar	N° Productores	Centro de Acopio	Control por el Recolector (Chofer)	Temperatura en la zona (°C)	Temperatura al llegar a la planta (°C)	Tiempo de Transporte	Volumen (L/d)
Cabildo	2	No	No	16	18	1 h 40 min	120
Padcaya	5	No	No	11	14	1 h 20 min	250
Abra la Cruz	1	No	No	17	18	50 min	30
Campo de Vasco	1	No	No	16	18	40 min	30
Guaranguay	1	No	No	16	18	45 min	30
Colon Norte	3	No	No	16	17	1 h	120

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Al existir una falta de centros de acopio, la leche de los lugares correspondientes no conserva correctamente la calidad de la misma, existiendo un enfriamiento deficiente; la elevación de temperatura en la leche produce un crecimiento microbiano más rápido como se mencionó anteriormente, lo que genera el principal problema en cuanto a la recolección y transporte; este efecto es ocasionado por el tiempo de transporte y porque el mismo no conserva la temperatura desde el lugar de producción hasta la planta PIL Tarija S.A.

Con los datos presentados en las Tabla III-2, se procede a realizar una cuantificación como se presenta en la Figura 3-1 de cuántos centros de acopio logran cumplir con lo establecido en la norma NB 33015.

Figura 3-1. Cuantificación de Centros de Acopio que Cumplen con la Norma NB 33015:2006



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De acuerdo a la Figura 3-1, la recolección de la leche cruda se efectúa de 34 lugares; el 15% hace referencia a 5 lugares que cuentan con centro de acopio que funciona de manera eficiente y el 85% restante equivale a 29 lugares que no cuentan con un centro de acopio o que su centro de acopio necesita mejoras para su funcionamiento de manera correcta; la leche producida de estos lugares, sus parámetros en muchos casos están con lo justo dentro del rango que establece las normas correspondientes; para aseverar esta aclaración se observa en la Tabla III-4.

3.1.2 Diagnóstico en la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda

De acuerdo a los resultados presentados en la parte de la recolección y el transporte, se puede observar que la temperatura es elevada y no se está cumpliendo con lo establecido en la norma NB 33013 (Anexo 4). Para complementar con el diagnóstico se muestra los resultados de los análisis que la planta PIL Tarija S.A manda a realizar en el CEANID mes por medio; estos resultados muestran más a fondo la problemática que existe en el sistema integrado.

En la Tabla III-3 se muestra los parámetros que a la planta le interesa conocer y en la Tabla III-4 se muestra los resultados de los parámetros establecidos desde principios del 2018.

Tabla III-3. Parámetros de los Análisis realizados

Parámetros	Método de Ensayo	Unidad	Valor de Referencia	Referencia de los Valores
Acidez (Ácido Láctico)	NB 229:98	%	0.13 - 0.18	NB 33013:13
Densidad (20 °C)	NB 230:1999	g/ml	1.028 - 1.034	NB 33013:13
Grasa	NB 228:1998	%	3	NB 33013:13
Sólidos no grasos	NB 706:1998	%	8,2	NB 33013:13
pH (20 °C)	NB 38028:2006	-	6.6 - 6.8	NB 33013:13
Bacterias mesófilas	NB 32033:2005	UFC/ml	$<4 \times 10^6$	NB 33013:13

Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

Tabla III-4. Resultados de los Análisis realizados

Parámetros	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre
	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Acidez (Ácido Láctico) en %	0.18	0.15	0.15	0.17	0.16
Densidad (20 °C) en g/ml	1.031	1.029	1.031	1.031	1.029
Grasa en %	3.4	3.4	3.6	3.5	3.7
Sólidos no grasos en %	8.2	8.1	8.55	7.89	7.7
pH (20 °C)	6.8	6.8	6.7	6.8	6.6
Bacterias mesófilas en UFC/ml	7.2×10^5	1.7×10^8	5.6×10^6	3.8×10^7	7×10^7

Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

Los resultados anteriores representan a muestras tomadas de diferentes lugares; la planta realiza esta metodología de muestreo para poder determinar los lugares donde existe mayor problema en cuanto a la calidad de la leche.

De acuerdo a los valores de la Tabla III-4 y comparando con la referencia establecida en la Tabla III-3, se llega a la siguiente conclusión: Los parámetros fisicoquímicos como acidez, densidad, materia grasa, sólidos no grasos y pH se encuentran dentro del rango, pero en el caso del parámetro microbiológico de bacterias mesófilas, se observa que está fuera del rango, aquí se puede observar la falta de enfriamiento y el papel que juega la temperatura en la leche después del ordeño hasta su posterior recolección.

En cuanto al enfriamiento y almacenamiento de la leche cruda antes de su tratamiento (pasteurización) en la planta, no existe porque la leche es recibida y destinada a los diferentes procesos de elaboración (recepción en línea), en cada momento que se tiene la cantidad de leche necesaria para ser destinada a un producto en específico, se detiene el proceso de recepción con el motivo de que toda la leche recibida hasta ese momento pase por el pasteurizador y los demás equipos, para luego esperar a que se realice el lavado de los mismos para seguir recibiendo leche y ser destinada a un nuevo producto.

Es por esto que el actual sistema integrado de recolección, transporte, recolección y almacenamiento de leche cruda presenta problemas en cuanto al control de calidad de la leche; como se hizo referencia en capítulos anteriores, la calidad de la leche debe conservarse desde el momento del ordeño hasta llegar a la planta procesadora.

3.1.3 Identificación de Peligros y Puntos Críticos

Una vez realizado el diagnóstico correspondiente se identifica los peligros y puntos críticos del sistema integrado basados en los resultados presentados.

Tomando en cuenta lo mencionado en los principios del Sistema HACCP, y ampliando los conceptos gracias a la Organización Panamericana de la Salud (OPS)

para la realización de una matriz de peligros y puntos críticos se procede a tener en cuenta lo siguiente:

- Identificación de Peligros.
- Nivel de Probabilidad y Gravedad.

3.1.3.1 Identificación de Peligros

Los peligros se clasifican según su naturaleza en:

- **Peligro Biológico:** Bacterias, virus y parásitos patógenos. Toxinas naturales, toxinas microbianas y metabólicos tóxicos de origen microbiano.
- **Peligro Químico:** Contaminantes tóxicos inorgánicos, antibióticos, aditivos alimentarios tóxicos, desinfectantes, lubricantes y tintas.
- **Peligros Físicos:** Fragmentos de vidrio, metales, madera u otros objetos que puedan causar daño físico al consumidor.

3.1.3.2 Nivel de Probabilidad y Gravedad

No todos los microorganismos y/o peligros son de la misma magnitud o potencial.

Para el caso de la **Probabilidad** se toma en cuenta:

- a) **Alta (A):** Peligro a la materia prima, ocurrencia común.
- b) **Media (M):** Probable que ocurra o ha ocurrido en más de una vez.
- c) **Baja (B):** Poco probable, puede ocurrir alguna vez.

Para determinar el índice de **Gravedad:**

a) **Alta (A):** Efectos graves para la salud, con probabilidad de muerte. La persona afectada por lo general requiere de atención médica.

- **Biológico:** Agentes patógenos que pueden producir enfermedades como ser Salmonelosis, brucelosis, etc.
- **Químico:** Contaminación directa del alimento por sustancias químicas, que pueden llegar a causar una intoxicación, por lo general se trata de residuos de antibióticos de vacunación de animales, penicilina, etc.

- **Físico:** Objetos extraños y fragmentos no deseados que causan lesiones y/o daño al consumidor, como ser metales, vidrios, agujas, y objetos cortantes y punzantes. La gravedad depende de la dimensión del objeto.

b) Media (M): Los efectos pueden revertirse por atención médica e incluso pueden ser hospitalizados. La persona afectada requiere de atención médica en el orden ambulatorio.

- **Biológico:** Agentes patógenos menores como ser Streptococcus.
 - **Químico:** Contaminación de orden menor.
 - **Físico:** Objetos extraños y fragmentos no deseados con dimensiones mayores.
- c) Baja (B):** Causa común de epidemias, solo provoca enfermedad cuando los alimentos ingeridos contienen gran cantidad de patógenos.

- **Biológico:** La mayoría de los parásitos.
- **Químico:** Sustancias que puede ocasionar reacciones moderadas, por ejemplo, alergias.

Con lo establecido se procede a determinar los puntos críticos del sistema integrado, la matriz de análisis y peligros en cada parte del sistema integrado se presentan en las tablas siguientes.

Tabla III-5. Matriz de Peligros y Puntos Críticos en la Recolección de la Leche

Fase	Peligro	N° Punto Crítico	Probabilidad			Gravedad			Causa	Medida Preventiva
			A	M	B	A	M	B		
Recolección	Físico: Presencia de restos procedentes del ordeño.	PCC ₁		X				X	Falta de filtración de la leche y falta de higiene en los utensilios durante el ordeño.	Buenas prácticas de ordeño y uso de filtros.
	Químico: Presencia de residuos procedentes de la vacunación al ganado. (ver Anexo 6)	PCC ₂		X		X			Tratamiento del ganado por alguna enfermedad.	Respetar los tiempos de retirada para la entrega de leche.
	Biológico: Presencia excesiva de microorganismos presentes en la leche.	PCC ₃	X			X			Contaminación desde el ordeño y/o falta de refrigeración de la leche en los tanques del centro de acopio.	Controles de acidez en los centros de acopio. Refrigeración de la leche lo más pronto posible.
	Biológico: Manipulación incorrecta.	PCC ₄		X				X	Falta de capacitación al chofer del transporte o recepcionista del centro de acopio.	Control en la formación al transportista y recepcionista.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-6. Matriz de Peligros y Puntos Críticos en el Transporte de la Leche

Fase	Peligro	N° Punto Crítico	Probabilidad			Gravedad			Causa	Medida Preventiva
			A	M	B	A	M	B		
Transporte	Físico: Presencia de objetos extraños en el recipiente de recolección.	PCC ₅			X			X	Cisterna en mal estado.	Control diario del cisterna y usar el cisterna si se encuentra en perfecto estado.
	Químico: Presencia de residuos procedentes de la limpieza.	PCC ₆			X			X	Mal lavado del recipiente. Problemas con el drenaje en el proceso de limpieza.	Cisternas fáciles de limpiar y lavar. Realizar una esterilización de tanque mediante uso de vapor.
	Biológico: Contaminación microbiana de la leche por elevada temperatura en el transporte.	PCC ₇	X			X			Recipientes de recolección no conservan la temperatura de la leche desde el lugar de producción hasta la planta procesadora.	Recipientes de recolección de acero inoxidable e isotérmico. Evitar el uso de recipientes plásticos.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-7. Matriz de Peligros y Puntos Críticos en la Recepción de la Leche

Fase	Peligro	N° Punto Crítico	Probabilidad			Gravedad			Causa	Medida Preventiva
			A	M	B	A	M	B		
Recepción	Físico: Presencia de objetos extraños.	PCC ₈		X				X	Falta de higiene del ordeño y manipulación incorrecta en el transporte.	Buenas prácticas en el ordeño y uso de filtros.
	Químico: Presencia de residuos procedentes de la vacunación al ganado. (ver Anexo 6)	PCC ₉		X		X			Tratamiento del ganado por alguna enfermedad	Respetar los tiempos de retirada para la entrega de leche.
	Biológico: Contaminación microbiana excesiva de la leche.	PCC ₁₀	X			X			Higiene del ordeño y transporte deficiente.	Buenas prácticas de un ordeño más higiénico y transporte frigorífico.
	Biológico: Crecimiento microbiano durante la recepción.	PCC ₁₁	X			X			Temperatura de enfriamiento deficiente desde los centros y en el transporte.	Control en el enfriamiento de la leche.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.1.4 Determinación de Límites Críticos

Para la determinación de los límites críticos, como se mencionó, ayuda a diferenciar lo aceptable de lo no aceptable; para establecer un límite crítico se consulta las exigencias establecidas por las normas correspondientes y por exigencias por parte de la planta PIL Tarija S.A.

Antes de establecer los límites, se establece si los peligros son significativos o no, para poder ver las acciones correctivas de control. En la Tabla III-8 se muestra el procedimiento correspondiente a seguir.

Tabla III-8. Criterios para la Significancia de Riesgos

		Probabilidad		
		Alta	Media	Baja
Gravedad	Alta	SÍ	SÍ	SÍ
	Media	SÍ	SÍ	SÍ
	Baja	SÍ	NO	NO

Fuente: AIB International, 2012.

Donde: SÍ representa a Peligro Significativo y NO representa a Peligro No Significativo.

Una vez identificados los peligros significativos de las tablas III-5, III-6 y III-7, en la Tabla III-9 se presenta los límites establecidos para cada punto crítico de control (PCC).

Tabla III-9. Límites Críticos de Control para el Sistema Integrado

Peligro	N° PCC	Peligro Significativo	Límite de Control	Acción y Tratamiento
Físico: Presencia de restos de ordeño.	PCC ₁	No	0	Filtración. Capacitación en el centro de acopio
Químico: Residuos de antibióticos de vacunación	PCC ₂ , PCC ₉	Sí	0	Rechazo. Capacitación de los productores con sus respectivos veterinarios.
Biológico: Contaminación microbiana excesiva.	PCC ₃ , PCC ₇ , PCC ₁₀ , PCC ₁₁	Sí	Temperatura menor a 10 °C.	Enfriamiento adecuado. Revisión de los equipos de frío.
Físico: Presencia de objetos extraños	PCC ₅ , PCC ₈	No	0	Filtración. Capacitación en el centro de acopio
Químico: Residuos de productos de limpieza y desinfección	PCC ₆	No	0	Rechazo. Control en el proceso de lavado y desinfección.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Los límites de control igual a cero, hacen referencia que la planta y las normas establecidas afirman que estos peligros no deben existir, es decir que la leche debe estar libre de estos peligros. En el caso de la contaminación microbiana excesiva, como se observa, es uno de los puntos críticos más presentes en nuestro sistema integrado y es donde se enfoca el presente proyecto y las alternativas a seleccionar.

3.2 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN

Al tratarse de un producto alimenticio y materia prima para la elaboración de los diferentes derivados lácteos, las alternativas son escasas, también hay que tomar en cuenta recomendaciones de las normas NB 33013 (Anexo 4) y la NB 33015 (Anexo 5).

Para la problemática de la recolección y transporte, la alternativa más adecuada es que se realice la propuesta de implementar centros de acopio, así la recolección se efectúa de manera higiénica y conforme a las normas; para el transporte, evitar el uso de recipientes pequeños y usar recipientes de mayor capacidad y que sean recipientes isotérmicos para poder conservar la temperatura de la leche desde el lugar de producción hasta la planta.

Otra alternativa para conservar la leche desde el momento de recolección, es el Sistema Lactoperoxidasa (Sistema LP), el cual consiste en la adición de peróxido de hidrogeno a la leche para que este active las enzimas lactoperoxidasa que se encuentran presentes en la leche de manera natural, dando un resultado de formación de compuestos capaces de inhibir el crecimiento microbiano.

Este Sistema LP para la FAO (Organización de Alimentos y Agricultura), puede ser aplicado para la leche y sus derivados lácteos que **no son destinados al comercio**. A raíz de este último y tomando en cuenta que el peróxido actúa como neutralizante en la leche, no se toma en cuenta como posible alternativa de solución porque las normas establecen que la leche debe encontrarse libre de neutralizantes (ver Anexo 4).

Para el caso de la recepción la opción de implementar un sistema de enfriamiento y almacenamiento de leche cruda, para continuar con la conservación de la calidad de la leche cruda procedente desde los centros de acopio que es fundamental en este proyecto de modernización que se propone implementar en PIL Tarija S.A.

Con lo mencionado, esto hace referencia a una cadena de frío, que empiece desde el centro de acopio cuando los productores entreguen la leche al “centro de acopio”; luego de cumplir los controles establecidos, enfriar la leche en un tanque de enfriamiento para conservar la leche en temperaturas óptimas y recomendadas por las normas hasta su recolección. El transporte debe conservar la temperatura hasta llegar a la planta con un sistema aislante. Y en la recepción de la planta tener un sistema de enfriamiento, porque por la distancia y el trayecto del transporte las temperaturas pueden aumentar.

3.2.1 Producción de Leche Cruda

La NB 33015 (2006) en su Anexo de “Producción Primaria”, describe los siguientes puntos.

3.2.1.1 Higiene del Medio

Se debe lavar el equipo de almacenamiento de la leche y los utensilios de ordeño, el agua empleada no deberá afectar la inocuidad e idoneidad de la leche. Se debe tener precaución que los animales lecheros no consuman ni tengan acceso a aguas contaminadas ni a otros contaminantes ambientales que puedan contaminar la leche.

Como se hizo referencia en el diagnóstico, varios productores no tienen higiene en el momento del ordeño, lo que deriva a un exceso de contaminación microbiana.

3.2.1.2 Zona de Ordeño

Las instalaciones donde se realiza el ordeño deben estar ubicadas y controladas de una forma que reduzcan al mínimo o impidan la contaminación de la leche. Deben ser lugares fáciles de poder limpiar, para así evitar riesgos de contaminación.

Estas zonas deben estar libres de animales no deseables como perros, cerdos, aves de corral y otros, cuya presencia podría traer como consecuencia la contaminación de la leche recién ordeñada.

3.2.1.3 Ordeño Higiénico

Para reducir al mínimo la contaminación durante el ordeño es necesario aplicar prácticas de higiene eficaces con respecto a la piel del animal, equipo de ordeño (si se utiliza), el manipulador y el ambiente en general.

El ordeño debe realizarse en condiciones higiénicas, que incluirán:

- Higiene personal de quien realiza el ordeño
- Limpieza de las ubres, tetillas, ingle y abdomen del animal
- Empleo de recipientes y equipos de ordeño limpios y desinfectados
- Evitar el daño a la ubre del animal

Durante toda la operación de ordeño se deberá tener en cuenta la necesidad de reducir al mínimo, la contaminación procedente del entorno del ordeño, y mantener una buena higiene personal.

Aquellos animales con síntomas de enfermedad, deben ser aislados para ser revisados por el personal veterinario, la leche ordeñada procedente de estos animales, no debe ser utilizada para el consumo humano.

Este punto en PIL Tarija S.A es bastante cuidadoso, puesto que existen productores que entregan leche a la planta de vacas enfermas, sobre todo con mastitis, y durante la recepción, aquella leche que se encuentre con acidez baja se realiza el control correspondiente (ver Anexo 1).

3.2.1.4 Influencia de la Temperatura en el Crecimiento Microbiano

Enfriar la leche como se mencionó, retarda el crecimiento microbiano (UFC), el término UFC hace referencia a las Unidades Formadoras de Colonia, esta medida se usa para contabilizar el número de bacterias viables en la muestra, es decir la habilidad de multiplicarse; en la Tabla III-10 se puede observar cómo es el efecto de la temperatura de acuerdo a las condiciones de producción.

Tabla III-10. Influencia de la Temperatura en el Crecimiento Microbiano

Condiciones de Producción	Temperatura de Almacenamiento (°C)	Leche recién Ordeñada (UFC/ml)	Recuento Estándar 24 h después (UFC/ml)
Vacas, ambiente y utensilios de ordeños, higiénicos	4	4295	4138
	10	4295	13961
	15	4295	1587333
Vacas, ambiente y utensilios de ordeños, no higiénicos	4	136533	281646
	10	136533	1170546
	15	136533	24673571

Fuente: Magariños, H., 2000.

Como se observa en la tabla anterior, la diferencia entre las condiciones de producción higiénica y no higiénica hace que la planta trate de recibir leche del día; como se hizo referencia en el diagnóstico, el problema del sistema integrado viene desde el momento del ordeño.

3.2.2 Centros de Acopio de Leche Cruda

“Luego del ordeño, el transporte de la leche cruda desde el lugar de producción hasta el centro de acopio debe efectuarse mediante recipientes metálicos de aluminio o acero inoxidable en buen estado físico e higiénicos, tanto en el interior como en el exterior” (Villarreal, 2014).

Los centros de acopio de leche cruda se encuentran principalmente en zonas rurales, donde los productores llevan la leche tras cada turno de ordeño para refrigerarla en un tanque de refrigeración de leche conservándola fría para su posterior traslado hacia la planta de procesamiento.

Pulamarín (2012) en su trabajo de Tesis, señala:

La finalidad de un “centro de acopio” es mejorar la calidad y producción de leche cruda, para ello cada centro debe contar con un operario o recepcionista; esta persona es la encargada de recibir la leche en el centro de acopio y además de realizar pruebas de calidad como son densidad y acidez, con el fin de almacenar una leche de calidad que no presentará inconvenientes durante su conservación (enfriamiento o refrigeración) hasta el momento de su traslado hasta la industria láctea.

3.2.3 Características del Centro de Acopio de Leche Cruda

3.2.3.1 Requisitos Mínimos del Centro de Acopio

La planta PIL Tarija S.A toma como requisitos mínimos que debe presentar un centro de acopio los siguientes y que fueron utilizados en el diagnóstico correspondiente:

- **Operario o recepcionista:** Persona encargada de recibir la leche de los productores, realizar las pruebas de calidad y controlar si se cumple con los parámetros establecidos para ser recibida.
- **Material de Laboratorio:** Es indispensable, para que el recepcionista realice los controles respectivos de la leche. El material necesario es un termómetro de alcohol (0 – 100 °C), un lactodensímetro (para medir la densidad), probetas (500 ml), tabla de conversión de densidad, alcohol al 80%.
- **Tanque de Enfriamiento:** Es usado en la mayoría de los centros de acopio, para enfriar y almacenar la leche. Estos tanques están formados por una cuba de acero inoxidable, forrada con aislamiento térmico, y posee un sistema de refrigeración con sus respectivos controles.
- **Balanzas Digitales:** Usadas para el pesado de la leche, en algunos centros se mide el volumen de leche entregado, pero esto no es una medida exacta, debido a que en las plantas industriales pesan la leche en el proceso de recepción.
- **Servicios Básicos:** El centro de acopio debe tener los servicios de energía eléctrica para el funcionamiento del tanque de enfriamiento y balanza, también

servicios de agua potable para realizar el lavado correspondiente luego de realizar la recolección de la leche con destino a la planta industrial.

En cuanto a la calibración de los equipos, el único equipo que requiere esta actividad son las balanzas; esta calibración puede ser efectuada por el Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) quien se encarga de la calibración de la balanza usada en la recepción de leche cruda en la planta.

En cuanto a los tanques de enfriamiento, el mantenimiento es realizado por personal de mantenimiento de PIL Tarija S.A.

3.2.3.2 Ubicación

Villareal (2014) menciona:

Los “establecimientos” deberán estar situados en zonas no expuestas a un medio ambiente contaminado y a actividades industriales que contribuyan a una amenaza de contaminación de los alimentos. Además, deben estar libres de olores desagradables, y contar con comodidad para el retiro de los desechos ya sean sólidos o líquidos. Las vías de acceso al lugar deben encontrarse pavimentados, asfaltados o similares, a fin de evitar la contaminación de los alimentos con polvo.

3.2.4 Procedimiento de Recolección y Transporte de Leche Cruda

La NB 33015 (2006):

El “acceso de personal y vehículos” al lugar de recolección debe ser adecuado para una manipulación suficientemente higiénica de la leche.

Antes de la recolección correspondiente, el operador del centro de acopio debe inspeccionar la leche de cada productor para cerciorarse si la leche se encuentra apta para la recolección o si presenta signos de daño o deterioro de la misma.

La leche debe “recogerse en condiciones higiénicas” para evitar su contaminación. En particular se debe garantizar que la leche se encuentre a la temperatura adecuada de

almacenamiento antes de su recolección. Es aconsejable que el operador reciba capacitación adecuada, para efectuar la manipulación higiénica de la leche cruda.

No deberán realizar operaciones de transporte de leche, personas que corran el riesgo de transferir gérmenes patógenos al producto. En caso que exista un trabajador infectado debe realizarse el seguimiento médico correspondiente.

El chofer del vehículo no debe ingresar en los establos o lugares donde se alojan los animales, o sitios donde haya residuos contaminantes. Si este llegara a ensuciar su ropa y/o calzado, deberá cambiarse o limpiarse antes de continuar con su trabajo.

Este punto es considerado importante, porque desde aquí comienza el cuidado de la calidad de la leche cruda, algo que no se está realizando en la actualidad en la planta PIL Tarija S.A.

3.2.5 Requerimientos para la Recolección y Transporte de Leche Cruda

La NB 33015 (2006):

Los “vehículos o camiones cisterna” recolectores deben cumplir los siguientes requisitos para poder efectuar el transporte de la leche cruda desde el centro de acopio hasta instalaciones de la planta industrial:

- Los recipientes del camión cisterna deben ser aptos para la limpieza y desinfección de manera eficaz. Además, deben garantizar un drenaje completo.
- Estos recipientes de recolección y transporte de leche no deben utilizarse para almacenar ninguna sustancia nociva. Si son empleados para almacenar alimentos distintos de la leche, deben tomarse precauciones para prevenir toda contaminación subsiguiente a esta.
- Las superficies del camión cisterna, recipientes y todo equipo relacionado que esté en contacto con la leche deben ser fáciles de limpiar y desinfectar, resistentes a la corrosión e incapaces de transferir sustancias extrañas a la leche en cantidades que ocasionen un riesgo para la salud del consumidor.

- Los recipientes empleados para el transporte de leche (incluida la zona de descarga, válvulas, etc.) deben limpiarse y desinfectarse con la frecuencia necesaria para reducir al mínimo o evitar la contaminación de la leche.

Como se hizo referencia en el diagnóstico del transporte de leche cruda y comparado a lo que establece la norma, existe deficiencias bastante considerables por lo que a pesar de que en algunos centros de acopio se cuida la calidad de la leche, este cuidado no es continuo durante el transporte de la misma.

3.2.6 Tiempo y Temperatura de Transporte de Leche Cruda

La NB 33015 (2006):

El “tiempo y la temperatura de transporte” deben ser tales que permitan transportar el producto de una forma que reduzca al mínimo cualquier efecto nocivo para su inocuidad e idoneidad.

Cuando se establezca las condiciones del tiempo y temperatura para el almacenamiento de leche cruda en el centro de acopio, deben tomarse en cuenta la eficacia del sistema de control aplicado en la condición higiénica de la leche y la duración prevista del almacenamiento. Cuando la leche no pueda refrigerarse en el centro de acopio, puede ser necesario que la recolección y entrega de la misma a la planta industrial se efectúe dentro de un cierto plazo.

La temperatura de la leche para la elaboración de los productos lácteos no deberá superar los 8 °C, a menos que la leche se haya recogido dentro de las dos horas sucesivas al ordeño.

En la planta PIL Tarija S.A la leche llega con temperaturas superiores a los 8 °C superando las dos horas después del ordeño como se observa en la Tabla III-2. Por eso es necesario que se realice la implementación de centros de acopio y que el transporte cuente con recipientes isotérmicos.

3.2.7 Tratamiento de la Leche Cruda antes de su Industrialización

“Después de la recepción de la leche cruda en la Planta Industrial, hay que someterla a tratamientos que dependerán del destino final de la misma” (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2013).

3.2.7.1 Enfriamiento

La leche luego de su recepción es enfriada hasta temperaturas cercanas a los 4 °C y almacenada a la misma temperatura con el objetivo de controlar y detener el crecimiento microbiano de la misma. El enfriamiento se realiza en un intercambiador de calor, donde se usa por lo general agua como fluido enfriador.

Este enfriamiento no ocurre en PIL Tarija S.A, pero debe implementarse porque como se hizo referencia, ayuda en la conservación de la calidad de la leche antes de su tratamiento (pasteurización).

3.2.7.2 Equipos para el Enfriamiento de la Leche

“Su empleo del mismo se justifica debido a que la leche llega a la planta a diferentes temperaturas, y antes de su almacenamiento debe estar con una temperatura por debajo de los 5 °C” (Universidad del Zulia, 2003).

Los más utilizados para este propósito son los intercambiadores de calor, existiendo una amplia gama de equipos; se tomará en cuenta los intercambiadores tubulares y los intercambiadores de placa

3.2.7.2.1 Equipo de Frío Tubulares

Es el más sencillo de todos, consiste en un doble tubo por el que circula interiormente el producto a calentar o enfriar, y por el exterior el fluido refrigerante que puede ser agua, vapor, agua glicolada, etc. Este intercambiador es ideal para fluidos con elevada viscosidad hasta aproximadamente 2 kg/(m.s) y para presiones máximas de 50 kgf/cm².

Figura 3-2. Intercambiador Tubular

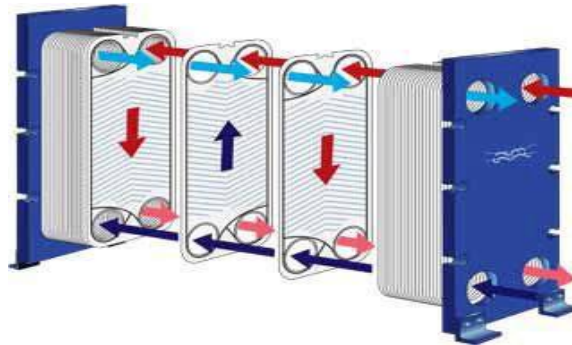


Fuente: Froztec, 2017.

.2.7.2.3 Equipo de Frío por Placas

Este equipo cuenta con gran aceptación en las industrias, pero en especial en la industria láctea gracias a su ventaja sanitaria y por su fácil mantenimiento gracias a que pueden desarmarse. Son aptos para presiones máximas de 10 kgf/cm^2 y caudales de desde 1000 L/h hasta 20000 L/h .

Figura 3-3. Intercambiador de Placas



Fuente: Froztec, 2017.

.2.7.3 Características de los Equipos de Frío

En la Tabla III-11 se observa lo mencionado de los intercambiadores de calor descritos anteriormente.

Tabla III-11. Características de los Equipos de Frío

Tipo	Características Constructivas	Aplicaciones
Equipos Tubulares	Generalmente vienen en unidades llamadas horquillas, el tubo interno puede ser liso.	Se utilizan cuando se requiere unidades de transferencia de calor pequeñas (10 a 20 m ²).
Equipos de Placas	Serie de láminas corrugadas, separadas entre sí por empaques.	Muy utilizado en la industria alimentaria, sobre todo con fluidos viscosos, y cuando se requiere condiciones sanitarias extremas.

Fuente: Gonzales, D., 2002.

3.2.7.4 Tanques de Almacenamiento de Leche Cruda

“Una vez tomada la decisión de recibir la leche, esta es vaciada pasando por filtros, luego por enfriadores y posteriormente almacenada en tanques hasta su procesamiento” (Universidad del Zulia, 2003).

Rodríguez y Vera (2014) indican:

Los “tanques de almacenamiento” están diseñados y contruidos de tal forma que se pueda mantener el producto en las mejores condiciones, estos no poseen sistema de enfriamiento, por lo que la leche es enfriada antes de ser almacenada. El tanque por lo general es de acero inoxidable, debido a que se trata de un producto alimenticio y tiene sistemas aislantes que evita el calentamiento de la leche.

El aislamiento térmico es importante por los siguientes aspectos:

- Se produce ahorro energético.
- Evita la pérdida o ganancia de calor en los alimentos ya que deben conservarse a temperaturas adecuadas.
- Evita la condensación de la humedad del ambiente sobre la superficie del tanque.

Las industrias lácteas emplean comúnmente tanques verticales, cuya capacidad varía entre 25000 hasta 200000 L. Si son demasiado grandes estos son colocados fuera de las instalaciones.

La norma NB 33015, señala las especificaciones y condiciones que debe tener el equipo de almacenamiento para la leche cruda. La planta PIL Tarija S.A tiene tanques con capacidad de 5000 L (tres tanques) y de 15000 L, haciendo una capacidad total de 30000 L, que va a disponer para el volumen de leche recibido por día.

3.3 DEFINICIÓN DE CONDICIONES Y CAPACIDAD

Antes de realizar la selección de las alternativas de solución, se establecerá las nuevas condiciones y capacidades modernas para el Sistema Integrado de Recolección, Transporte, Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda en PIL Tarija S.A.

3.3.1 Condición y Capacidad para la Recolección y Transporte de Leche Cruda

En este caso se establece las condiciones de temperatura de la leche cruda con la que cada centro de acopio o lugar de entrega debe cumplir en base a normas, todo lo mencionado se presenta en la Tabla III-12.

Tabla III-12. Condiciones en la Recolección de Leche Cruda

Centros de Acopio	Temperatura en el lugar (°C)
Centros existentes	4
Centros nuevos	4
Lugares sin centros	6

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De la Tabla III-12, se hace referencia a “Lugares sin centros” aquellos que no reúnen un volumen para poder implementar un centro de acopio; esto se observará más a detalle cuando se realice la localización de los nuevos centros de acopio. Es por esto que se da un rango de temperatura mayor.

En la Tabla III-13 se menciona los equipos (de acuerdo al punto 3.2.3) que debe contar los centros de acopio de manera general, para que lleven a cabo su control diario respectivo.

Tabla III-13. Capacidad para la Recolección de Leche Cruda

Centros de Acopio	Balanzas Digitales	Tanques de Almacenamiento	Material de Laboratorio
Centros existentes	Cap. 150 kg	Cuentan con tanques	Cuentan con material
Centros nuevos	Cap. 150 kg	Cap. de 500, 800 y 1500 L	Lactómetro Termómetro Refractómetro de leche Pistola de alcohol
Lugares sin centros	No requiere	No requiere	Lactómetro Termómetro Refractómetro de leche Pistola de alcohol

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En cuanto a las especificaciones del material de laboratorio se las realiza en el siguiente capítulo del proyecto.

Para el caso de las condiciones y capacidades del transporte primero se presenta la condición actual como se observa en la Tabla III-14.

Tabla III-14. Condiciones y Capacidad Actual del Transporte de Recolección

Transporte	N° de Lugares de Recolección	Recipiente de Recolección	Volumen (L/d)
Cisterna 1	4	Plástico	2280
Cisterna 2	11	Acero inoxidable	6900
Cisterna 3	2	Plástico	1480
Cisterna 4	1	Plástico	1800
Particulares	21	Tachos metálicos	15076

Fuente: PIL Tarija S.A, 2018.

De acuerdo a la tabla anterior un 50% del volumen de leche que recibe la planta llega de manera particular, pero esto se puede remediar, con la ayuda de la implementación de centros de acopio donde se aumentarán camiones cisternas de recolección para evitar la recepción de la leche mediante tachos metálicos que son causantes de aglomeración en la recepción diaria. En cuanto al recipiente de acero inoxidable pertenece a un tanque isotérmico tipo AISI 304.

En la Tabla III-15 se muestra las condiciones y capacidades del transporte de recolección de leche cruda ya optimizado y moderno, donde se toma en cuenta lo establecido en las normas NB 33013 y NB 33015.

Tabla III-15. Condiciones y Capacidad Moderna del Transporte de Recolección

Transporte	N° de Zonas a Recolectar	Recipiente de Recolección	Temperatura en planta (°C)	Volumen (L/d)
Cisterna 1	4	Acero inoxidable	10	2280
Cisterna 2	11	Acero inoxidable	10	6900
Cisterna 3	2	Acero inoxidable	10	1480
Cisterna 4	1	Acero inoxidable	10	1800
Cisterna 5	2	Acero inoxidable	10	2820
Cisterna 6	5	Acero inoxidable	10	2230
Cisterna 7	6	Acero inoxidable	10	600
Cisterna 8	3	Acero inoxidable	10	2270
Particulares	5	Tachos metálicos	14	7156

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De acuerdo a la tabla anterior, los camiones cisternas 5, 6, 7 y 8 corresponden a los nuevos transportes que se propone y que realizarán la recolección de los nuevos centros de acopio localizados, evitando el manejo y entrega de leche cruda en tachos metálicos; la cantidad de zonas de recolección se distribuyen de acuerdo a la cercanía de donde circulan estos transportes, los lugares de recolección de cada cisterna se presentan en la Tabla III-30.

3.3.2 Condición y Capacidad para la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda

Una vez establecidas las condiciones desde la recolección y transporte, se realiza lo propio para la recepción y almacenamiento, donde se especifica en cuanto a la selección del equipo de frío para la planta.

En la Tabla III-16 se muestra las condiciones y capacidad en la recepción de leche, que además será útil para la selección del equipo de intercambio de calor.

Tabla III-16. Condiciones y Capacidad de la Recepción de Leche Cruda

Características	Valor	Unidad
Leche recibida en planta	30000	L/d
Cantidad de agua para el enfriamiento de la leche	55000	L
Temperatura inicial de la leche a enfriar (T_1)	17	°C
Temperatura de la leche enfriada (T_2)	4	°C
Temperatura inicial del agua de enfriamiento (t_1)	2	°C
Capacidad de la Balanza de pesado de la leche en la recepción	200	kg
Capacidad de la Tina de recepción de leche	1000	L
Capacidad de los Tanques de Almacenamiento de leche (leche cruda)	30000	L

Fuente: PIL Tarija S.A., 2018.

El almacenamiento es algo que no se realiza actualmente en PIL Tarija S.A, por eso la planta tomó los recaudos para poder hacerlo, y adaptó tanques para el almacenamiento de la leche cruda luego de que la misma sea enfriada mediante el equipo de intercambio de calor que se diseñará más adelante. El tiempo de almacenamiento de esta leche no será mayor a 3 h.

Una vez determinadas algunas condiciones y capacidades, se analizará el equipo de frío donde la trayectoria del fluido se establece a contracorriente o contraflujo, ingresando al intercambiador por los extremos opuestos y fluirá en dirección opuesta; esta trayectoria es establecida, por existir una mayor superficie de contacto entre el fluido a enfriar (leche) y el fluido refrigerante, que será agua fría producida por el banco de agua helada en la planta PIL Tarija S.A.

El equipo de intercambio de calor para este tipo de fluidos, por el momento el más acertado es el de placas como se hace referencia en la Tabla III-11, al tratarse de un producto alimenticio y en exigencias sanitarias en la industria láctea es el más recomendable e ideal.

Para poder realizar la selección de la tecnología del intercambiador de calor en el siguiente punto, se requiere saber el calor a extraer por el equipo a seleccionar. El cálculo de calor extraído se basa en la ecuación general de intercambio de calor (McCabe, 7^a ed., 2007) cuya expresión es la siguiente:

$$Q = m * c_p * (T_1 - T_2) \quad (\text{Ec. 3-1})$$

Donde:

m = es el flujo del fluido a enfriar en este caso la leche (kg/h).

c_p = calor específico de la leche (Kcal/kg °C)

T₁ = temperatura de entrada de la leche al equipo de enfriamiento (°C)

T₂ = temperatura de salida de la leche del equipo de enfriamiento (°C)

ρ = densidad de la leche (kg/m³)

Con los datos de la Tabla III-18 se reemplaza los valores en la Ec. 3.1, para poder saber la cantidad de calor que debe extraerse de la leche durante el enfriamiento de la misma.

El flujo de leche es 30 m³/día (30 000 L/d), en realidad este valor es mayor al que recibe la planta hoy en día, pero se da este margen debido a posibles ampliaciones en cuanto a la cantidad de leche recibida.

$$Q = \left(30 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 1029 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * \left(3.883 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \right) * (17 \text{ °C} - 4 \text{ °C})$$

$$Q = 1558286.73 \frac{\text{kJ}}{\text{d}} = 64928.61 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

El equipo de intercambio de calor que será elegido, debe tener la capacidad de extraer 64928.61 kJ/h de calor de la leche cruda. Esto sirve para ayudar con la selección correcta del equipo de frío

Los diagramas de flujos desde la recolección hasta el almacenamiento de la leche, se muestran en el siguiente capítulo, al igual que todos los balances y las diferentes características del equipo de frío a diseñar.

3.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN APROPIADA

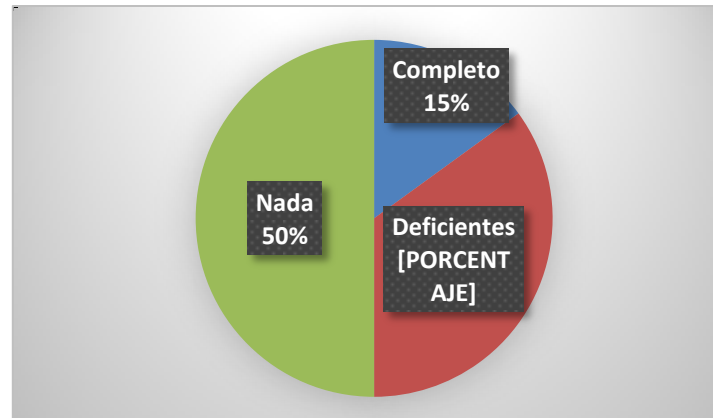
Para dar solución a la problemática del Sistema Integrado de Recolección, Transporte, Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda en PIL Tarija S.A se hace la evaluación de las alternativas mencionadas anteriormente.

Para la recolección y transporte de leche cruda, como se trata de conservar la calidad de la materia prima desde el lugar de producción hasta que llegue a la planta, la alternativa ideal es la de un centro de acopio; de acuerdo a la Tabla III-1 se analiza aquellos lugares que no cuentan con centros de acopio, donde se va a localizar un posible centro de acopio para que la recolección y transporte de la leche sea higiénica con un control de temperatura de la misma.

3.4.1 Centros de Acopio Deficientes

Según la Figura 3-1, se realizó una cuantificación en porcentajes de centros que cumplen con las normas vigentes, obteniendo como resultado un 85% de lugares que no cumplen dicho cometido; de este porcentaje existen lugares que no tienen centro de acopio, y lugares que tienen centro de acopio, pero requieren mantenimiento para que funcionen de manera eficiente. En la Figura 3-4 se hace una cuantificación de los lugares que tienen centro y requieren mantenimiento y de aquellos lugares que no tienen centros de acopio.

Figura 3-4. Cuantificación de Centros de Acopio que Requieren Mantenimiento



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De acuerdo a la figura, el 35% hace referencia a 12 lugares cuyos respectivos centros de acopio necesita de mantenimiento, por lo que a mediano o corto plazo podrán cumplir y funcionar de manera eficiente. Mientras que el 50% restante equivalente a 17 lugares, no cuentan con centros de acopio, y se analizará la posibilidad de ver una ubicación estratégica de un centro de acopio para implementarlo en las zonas correspondientes y así lograr una modernización en la recolección y transporte de leche cruda.

En la Tabla III-17 se menciona los 12 lugares respectivos, donde además se especifica cuál es el problema de su respectivo centro de acopio para tomar las medidas de solución.

Tabla III-17. Centros de Acopio Deficientes

Lugar	Requisitos Mínimos del Centro de Acopio		
	Recepcionista	Tanque de Almacenamiento	Sistema de Frío
San Blas	Existe	Existe	Falta
Canasmoro	Existe	Existe	Falta
Sella Méndez	Existe	Existe	Falta
Tarija Cancha Sud	Existe	Existe	Falta
Calama	Existe	Existe	Falta
Rancho Sur N°1	Existe	Falta	Falta
Rancho Sur N°2	Falta	Existe	Falta
Bordo Mollar	Existe	Existe	Falta
Chocloca Centro	Existe	Existe	Falta
Chocloca U.	Existe	Existe	Falta
Carachimayo	Existe	Existe	Falta
Bordo Carachimayo	Existe	Existe	Falta

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Como se observa en la tabla anterior, los mayores inconvenientes de los diferentes centros es su sistema de frío que no funciona, las situaciones son porque el equipo necesita mantenimiento y falta de energía eléctrica para el funcionamiento en algunos casos, se debe coordinar en cuanto a plazo para que estos centros puedan funcionar de manera eficiente lo más pronto posible.

3.4.2 Localización de Nuevos Centros de Acopio

Se analizará posibles localizaciones de centros de acopio para los 17 lugares restantes equivalentes al 50% de lugares como se indica en la Figura 3-4; se determinará si es factible la implementación de centros de acopio en todos los lugares, tomando en cuenta los criterios como ser cantidad de leche entregada por día y número de productores; para este fin se toma en cuenta la Tabla III-2 presentada antes, donde se

indica datos de cantidad de productores y volumen de leche entregada por día, sin tomar en cuenta los lugares que aparecen en la Tabla III-17.

De acuerdo a la referencia en las Tablas mencionadas, los lugares que no reúnen los requisitos para una localización de un centro de acopio son los señalados en la Tabla III-18:

Tabla III-18. Lugares donde no se Localiza Nuevos Centros de Acopio

Lugar	N° Productores	Cantidad de Leche (L/d)
San Lorenzo	4	70
Tarija Cancha Norte	3	90
Colón Norte	3	120
Abra La Cruz	1	30
Campo de Vasco	1	30
Guaranguay	1	30
Erquiz Norte	1	670
Chaguaya	3	210

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Los lugares mencionados en la Tabla III-18, cuentan con poca cantidad de productores y poco volumen de leche a entregar, lo que no justifica que se implemente un centro de acopio en estos lugares. En el caso de Chaguaya si bien su cantidad de volumen es bastante buena, no se tomará en cuenta para localizar un centro de acopio porque la distancia entre cada lugar de recolección es bastante lejana, existiendo alrededor de 1200 m de separación, y en Erquiz Norte no es necesario un centro de acopio; además, el productor cuenta con un recipiente de almacenamiento donde la recolección es realizada mediante bomba.

A pesar de eso, es necesario que la empresa capacite a los productores de estos lugares y a los choferes de los diferentes camiones recolectores, sobre el buen manejo

de la leche cruda desde el momento del ordeño hasta la recolección y transporte, como se hizo mención de acuerdo a la norma NB 33015

3.4.2.1 Método de Localización de Centros de Acopio

Se efectuará la localización de nuevos centros de acopio para los 8 lugares restantes a los mencionados en la Tabla III-19, que son Rosillas, Cañas, Abra San Miguel, Padcaya, Mollar, Juntas, San José de Charaja y Cabildo. Para efectuar una correcta localización se toma en cuenta el Método de Centro de Gravedad que se describe a continuación.

3.4.2.2 Método del Centro de Gravedad para Localización

El método del centro de gravedad consiste en un algoritmo de localización de una instalación considerando otras existentes. Esta es una técnica muy sencilla y suele utilizarse para determinar la ubicación de bodegas intermedias y puntos de distribución teniendo en cuenta las distancias que las separan y el aporte (en términos de utilidad, producción o capacidad) de cada instalación.

Este método se trabaja con un sistema de coordenadas. A continuación, se presentan diferentes referencias de sistemas geográficos basados en coordenadas:

- Coordenadas geográficas (latitud - longitud).
- Coordenadas cartesianas.
- Coordenadas de un municipio.

Las coordenadas utilizadas en el método deben tener como referencia un punto de origen, las ecuaciones a utilizar para encontrar las coordenadas óptimas de la nueva localización son:

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n d_{ix} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (\text{Ec. 3-2})$$

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^n d_{iy} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (\text{Ec. 3-3})$$

De las Ec. 3-2 y 3-3, los términos de cada ecuación representan lo siguiente:

C_x = Coordenada de la nueva localización en “x”

C_y = Coordenada de la nueva localización en “y”

d_{ix} = Distancia de la ubicación i en términos de la coordenada “x”

d_{iy} = Distancia de la ubicación i en términos de la coordenada “y”

V_i = Aporte de la ubicación i

Los datos de coordenadas y aporte de cada lugar, fueron recopilados durante el diagnóstico correspondiente.

3.4.2.3 Centros de Acopio Localizados

En las siguientes tablas, se observa los datos recopilados de cada lugar para realizar la localización correspondiente, donde las coordenadas geográficas son convertidas en coordenadas cartesianas.

Tabla III-19. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Padcaya

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.889573	64.713388	40
2	21.890903	64.712612	90
3	21.887774	64.711244	80
4	21.87942	64.706538	40

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-20. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Cabildo

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.902309	64.730635	40
2	21.901075	64.729587	80

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-21. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Rosillas

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.958409	64.790974	70
2	21.953703	64.791292	90
3	21.948149	64.7904	30
4	21.947299	64.789654	80
5	21.945619	64.788821	80
6	21.943527	64.787639	60
7	21.943079	64.787443	40
8	21.939974	64.785743	30
9	21.936305	64.781688	90
10	21.933738	64.784248	80
11	21.930694	64.777829	30
12	21.927175	64.7755	60
13	21.92498	64.775187	30
14	21.923402	64.771601	120
15	21.919561	64.773619	30
16	21.913009	64.772257	40
17	21.911895	64.771592	80

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-22. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Abra San Miguel

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.883083	64.816228	230
2	21.883944	64.815765	30
3	21.883975	64.815646	20
4	21.887034	64.813746	80
5	21.888211	64.813149	90
6	21.889444	64.81295	60
7	21.890881	64.813104	90
8	21.891865	64.812762	30
9	21.896612	64.812666	80
10	21.901739	64.815148	50
11	21.90157	64.812033	80
12	21.901437	64.81179	40
13	21.901575	64.811762	30
14	21.901675	64.811389	190
15	21.902234	64.809677	50
16	21.902375	64.807579	40
17	21.902766	64.805181	30
18	21.902975	64.804593	50
19	21.904036	64.800257	40
20	21.907325	64.788434	160
21	21.907286	64.786477	40
22	21.909136	64.781024	150
23	21.909117	64.780798	90
24	21.908858	64.777284	90
25	21.910829	64.773947	80
26	21.911183	64.771515	130

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-23. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Cañas

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.902029	64.851041	40
2	21.900209	64.850924	40
3	21.899227	64.850799	30
4	21.899642	64.850531	40
5	21.898429	64.849976	80
6	21.897414	64.847533	40
7	21.897128	64.844024	110
8	21.89725	64.842975	50
9	21.897273	64.842451	30
10	21.897299	64.841745	50
11	21.897172	64.840718	40
12	21.896734	64.839038	40
13	21.896598	64.838057	80
14	21.895573	64.834415	190
15	21.898983	64.831931	80
16	21.900515	64.827374	80
17	21.900346	64.826948	50
18	21.900593	64.823961	80
19	21.900909	64.822702	30

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-24. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Mollar

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.834854	64.804629	30
2	21.830932	64.802814	30
3	21.827539	64.801783	20
4	21.824934	64.800189	50
5	21.815763	64.795658	30

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-25. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de Juntas

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.809242	64.797415	20
2	21.805661	64.794073	30
3	21.804382	64.7927	80
4	21.797208	64.7856	40

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-26. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de San José de Charaja

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.789232	64.776427	80
2	21.784777	64.772741	60
3	21.78415	64.77195	40
4	21.795139	64.765036	80
5	21.796679	64.767058	150
6	21.796882	64.767309	30
7	21.800925	64.770135	30
8	21.806739	64.775713	100
9	21.767457	64.747763	30

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla III-27. Coordenadas y Volumen de los Puntos de Recolección de San Antonio Chocloca

N° Punto	Coordenadas		Volumen (L/d)
	x	y	
1	21.745373	64.73058	100
2	21.744627	64.728567	180
3	21.743899	64.728751	90
4	21.740904	64.725835	90
5	21.738289	64.722982	80
6	21.731115	64.715231	40
7	21.729713	64.71463	100
8	21.727128	64.712667	80
9	21.720068	64.705559	70

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Con los datos de las Tablas III-19, III-20, III-21, III-22, III-23, III-24, III-25, III-26 y III-27, se reemplazan los datos en las ecuaciones 3.2 y 3.3 para obtener los nuevos puntos de ubicación para un posible centro de acopio.

En algunos lugares se tomó en cuenta dos grupos, Grupo 1 (G. 1) y Grupo 2 (G. 2) debido a su distribución en cada lugar. Estos grupos y su división respectiva se observa en la Tabla III-28, al igual que los volúmenes de leche que entregarán por día.

Tabla III-28. Características de los Nuevos Centros de Acopio

Lugar	N° Productores	División de Grupos (N° Puntos)	Volumen (L/d)
Cabildo	(G.1) = 2	No requiere	120
Padcaya	(G.1) = 4	No requiere	250
Rosillas	(G. 1) = 9	1 – 9	570
	(G. 2) = 8	10 – 17	560
Abra San Miguel	(G. 1) = 18	1 – 18	1270
	(G. 2) = 8	19 – 26	780
Cañas	(G. 1) = 11	1 – 11	550
	(G. 2) = 8	12 – 19	630
Mollar	(G.1) = 5	No requiere	160
Juntas	(G.1) = 4	No requiere	170
San José de Charaja	(G. 1) = 3	1 – 3	180
	(G. 2) = 6	4 – 9	390
San Antonio Chocloca	(G.1) = 5	1 – 5	540
	(G. 2) = 4	6 - 9	290

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Hay que señalar que de la Tabla III-28 los lugares de Cabildo, Mollar, Juntas y el Grupo 1 de San José de Charaja, por la cantidad de volumen que entregan por día, no justifica que se implemente un centro de acopio en los lugares mencionados, pero la nueva localización encontrada les será útil como punto de encuentro de todos los productores, para que el tiempo de recolección y transporte no sea moroso.

Para agilizar los cálculos se utilizó el programa Excel (ver Anexo 7); los resultados se presentan en la Tabla III-29 en coordenadas geográficas (Sur = S) y (Oeste = W).

Tabla III-29. Coordenadas Geográficas de los Nuevos Centros de Acopio

Lugar	Alternativa (G. 1)		Alternativa (G. 2)	
	S	W	S	W
Cabildo	21°54'05.3"	64°43'47.8"		
Padcaya	21°53'16.3"	64°42'40.8"		
Rosillas	21°56'48.0"	64°47'17.4"	21°55'30.9"	64°46'34.1"
Abra San Miguel	21°53'38.2"	64°48'45.5"	21°54'32.0"	64°46'51.7"
Cañas	21°53'53.7"	64°50'46.9"	21°53'53.2"	64°49'53.3"
Mollar	21°49'35.5"	64°48'03.1"		
Juntas	21°48'12.6"	64°47'30.6"		
San José de Charaja	21°47'11.8"	64°46'27.1"	21°47'57.4"	64°46'08.8"
San Antonio Chocloca	21°44'35.1"	64°43'39.7"	21°43'36.7"	64°42'43.1"

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En la localización de los puntos encontrados se deberá corroborar si el lugar señalado cuenta con los servicios básicos de energía eléctrica y agua, y vías de acceso para el transporte. En caso que los lugares no sean los adecuados se procederá a realizar un reajuste en estos puntos

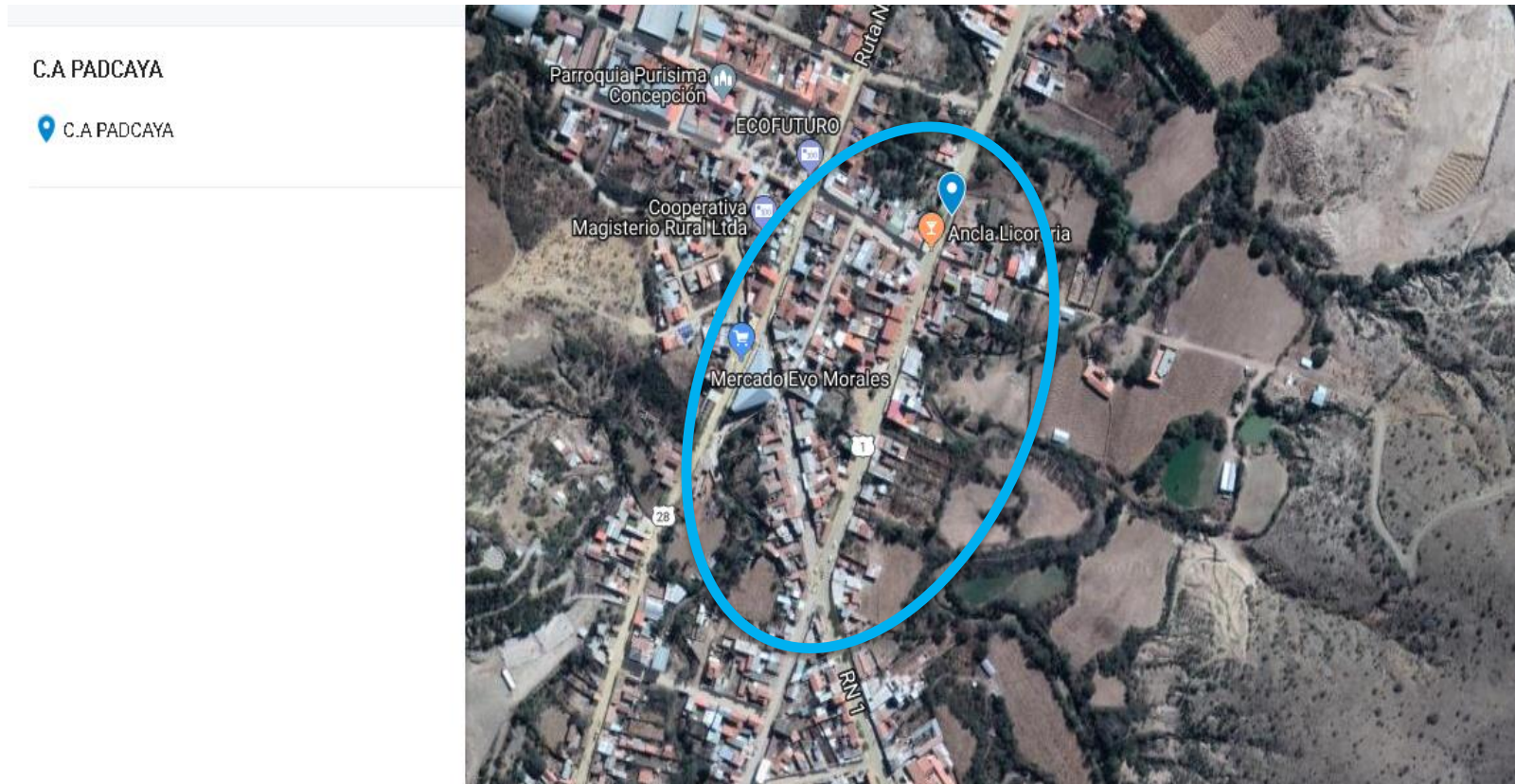
A continuación, se muestra en imágenes las alternativas elegidas de cada lugar. La línea en la imagen señala el radio donde se encuentran los puntos de entrega de leche cruda en cada zona correspondiente y/o grupo.

Figura 3-5. Localización del Centro de Acopio en Cabildo



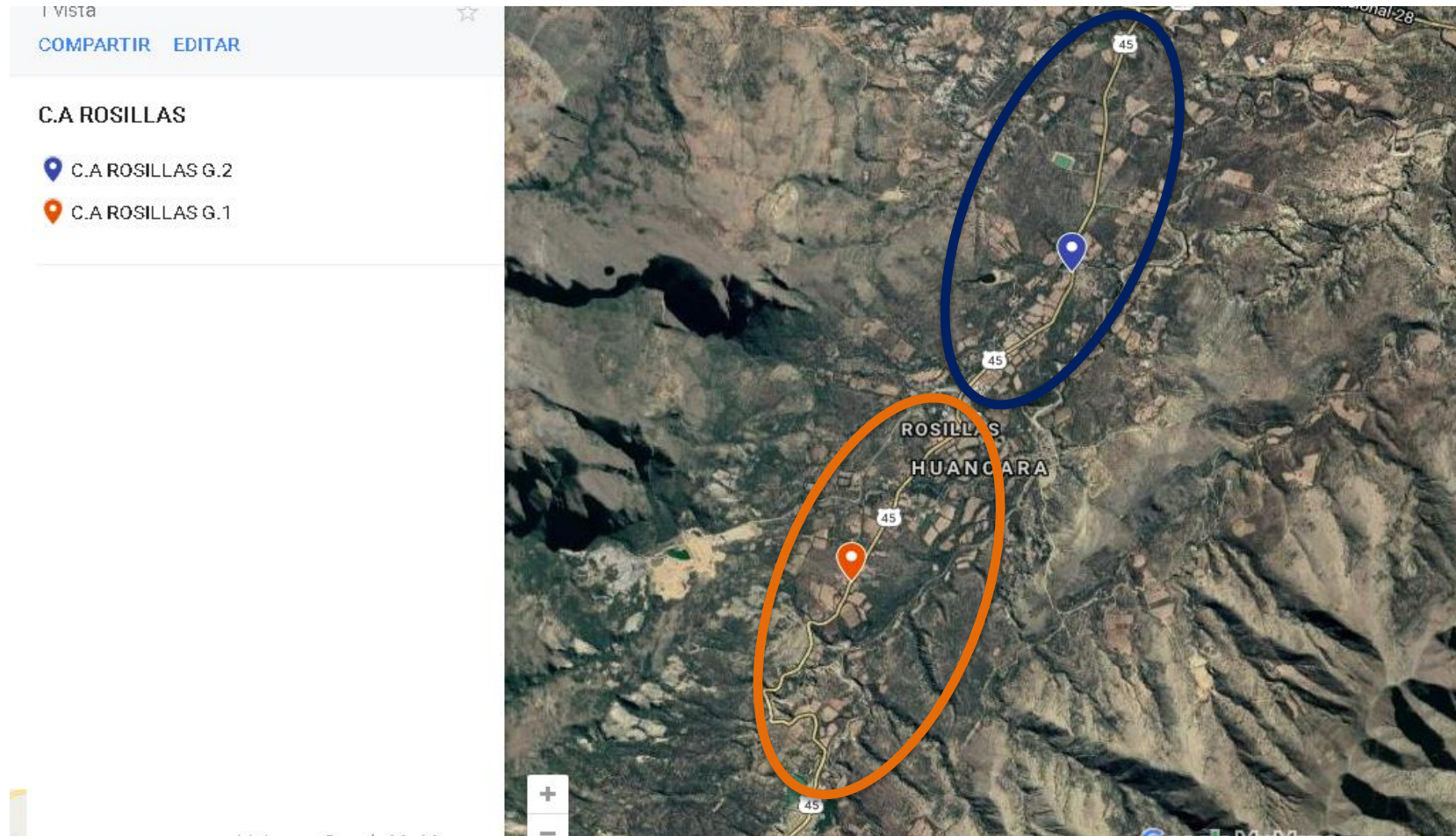
Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 3-6. Localización del Centro de Acopio en Padcaya



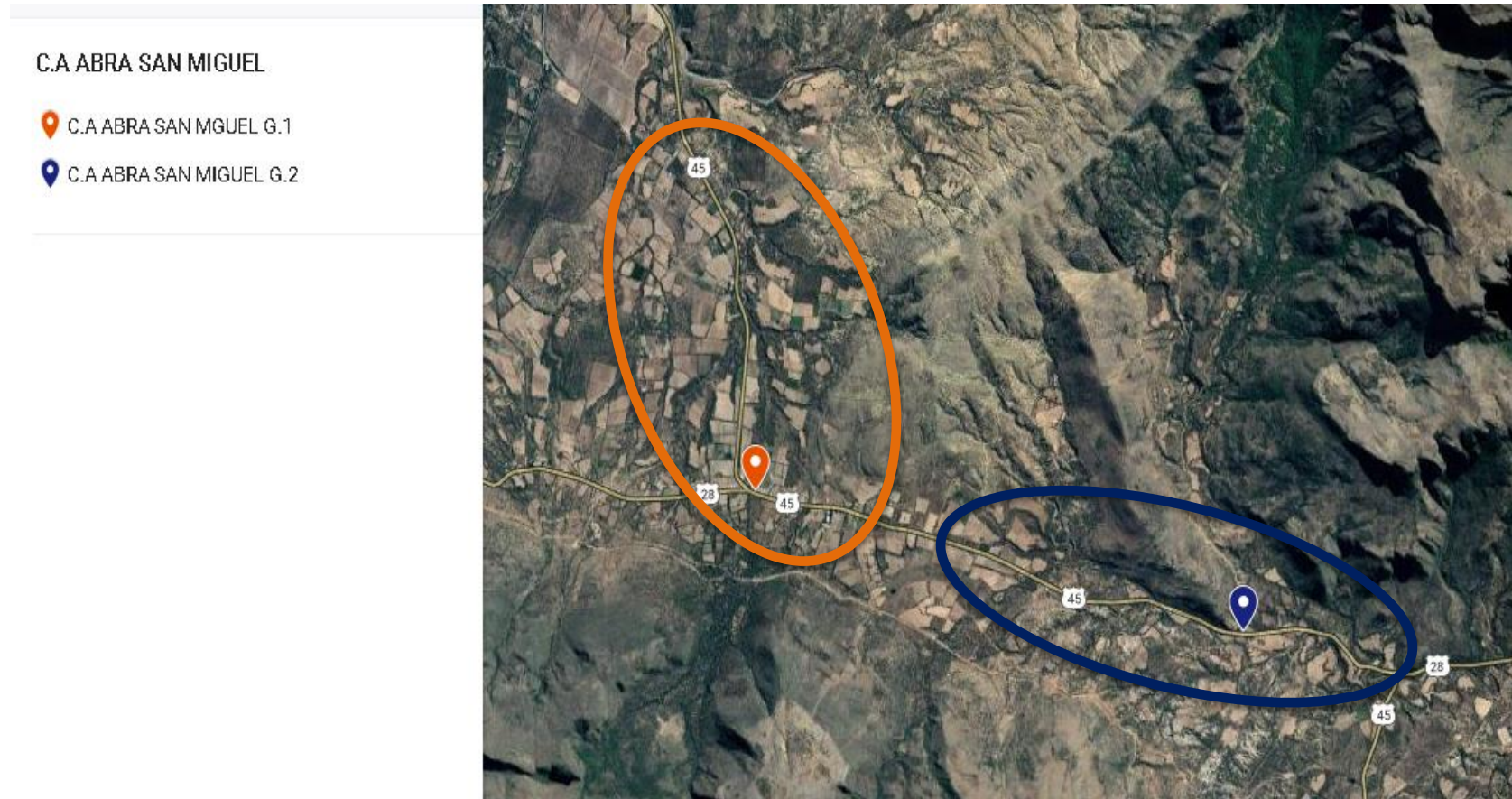
Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 3-7. Localización del Centro de Acopio en Rosillas



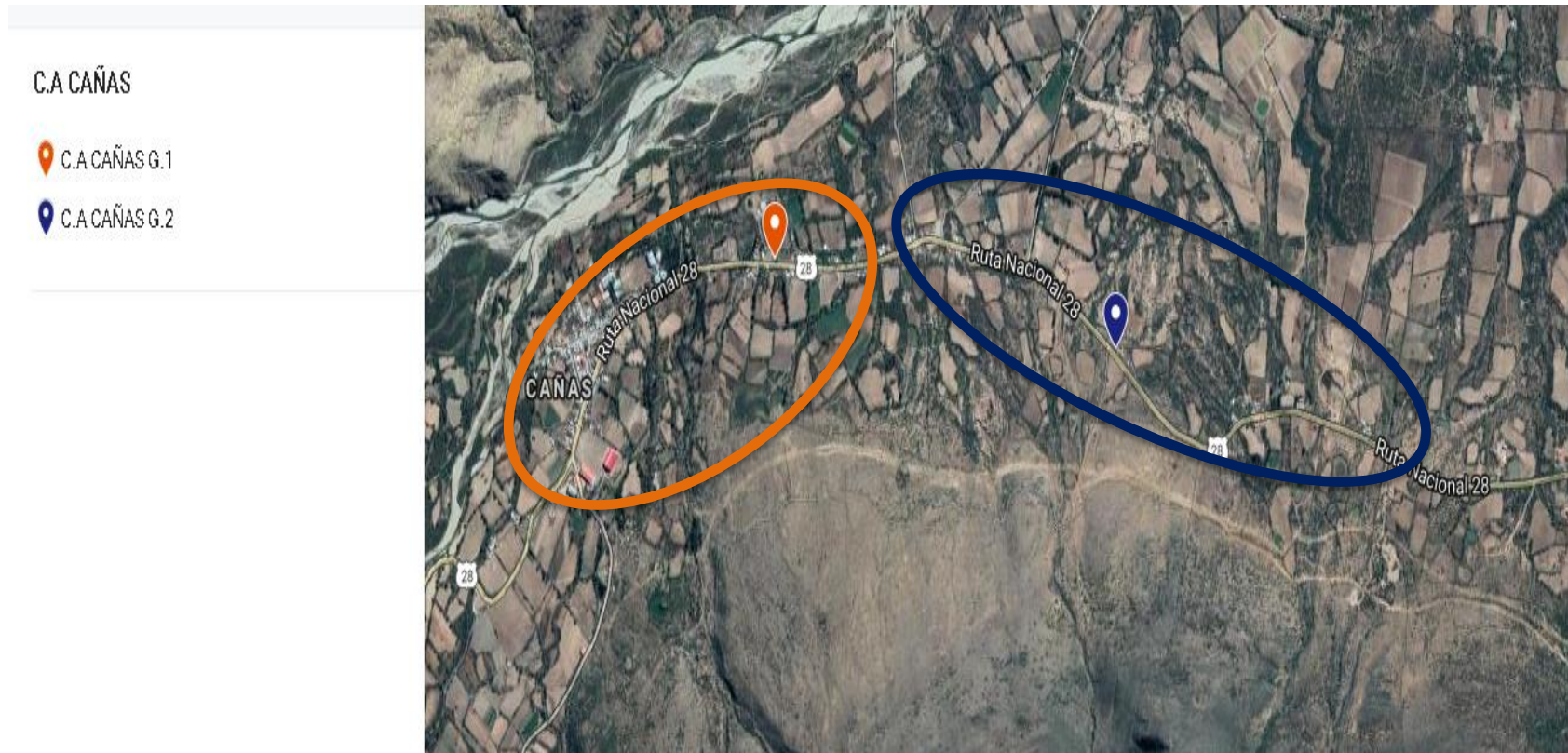
Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 3-8. Localización del Centro de Acopio en Abra San Miguel



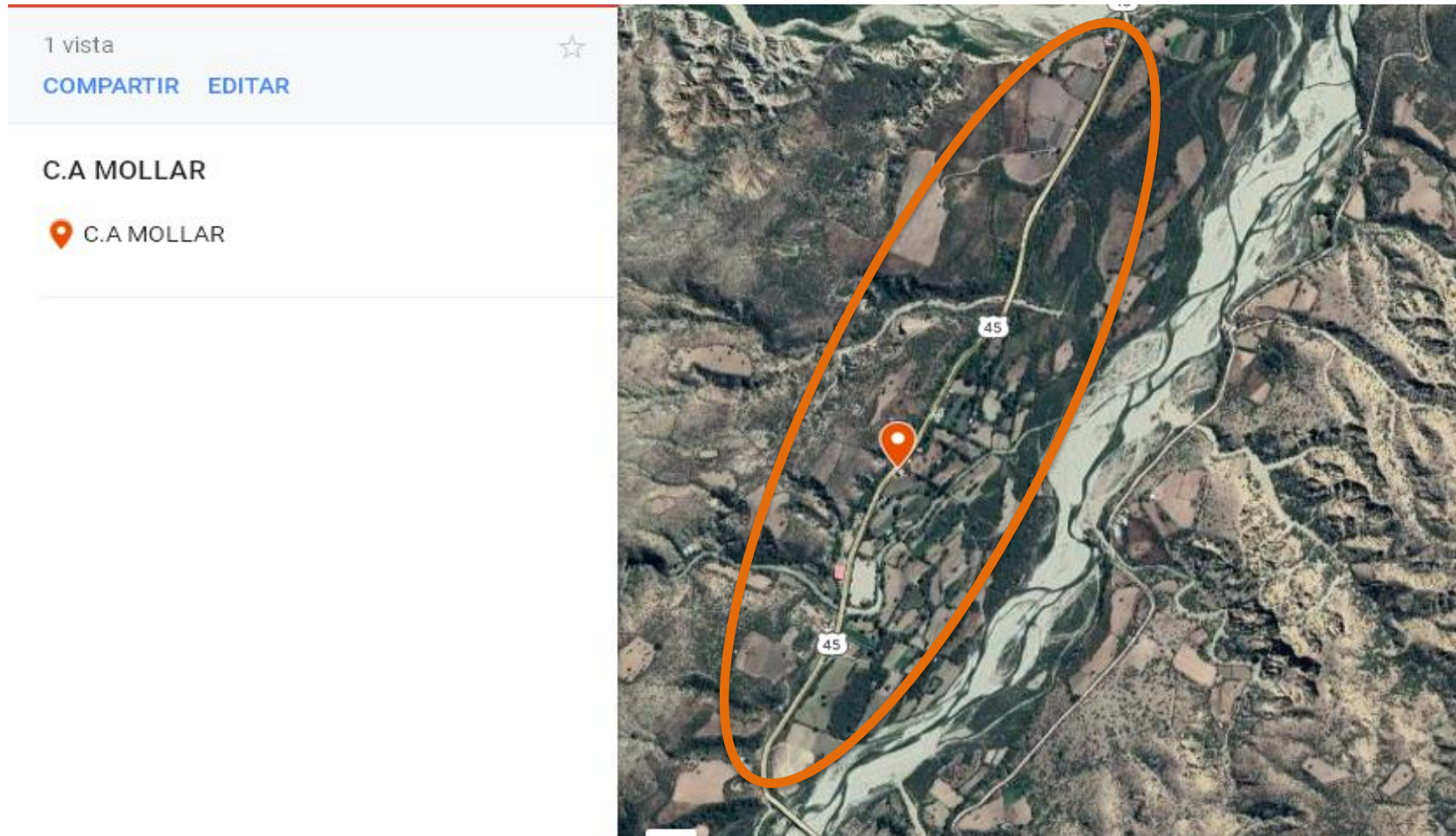
Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 3-9. Localización del Centro de Acopio en Cañas



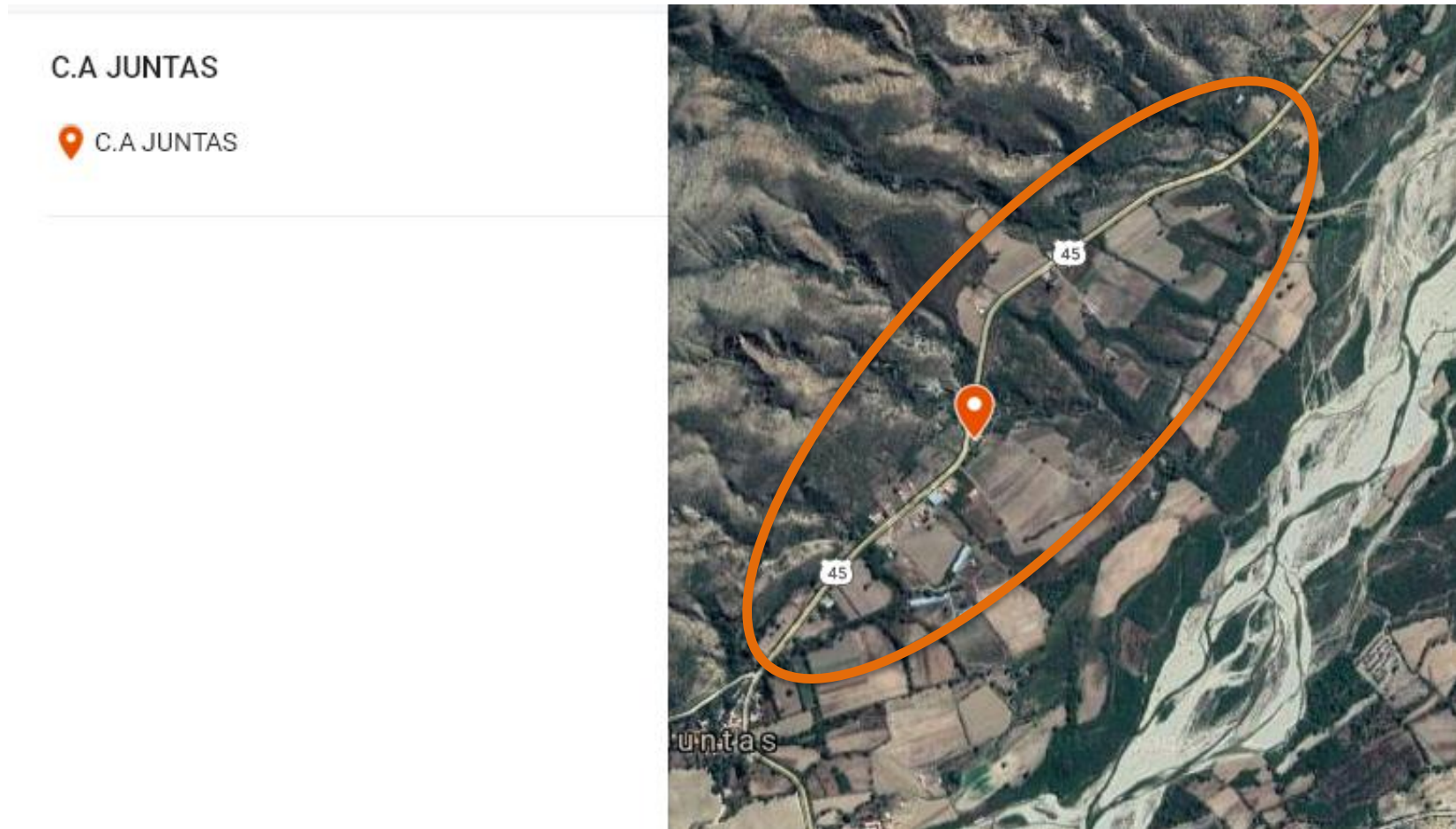
Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 3-10. Localización del Centro de Acopio en Mollar



Fuente: Google Maps, 2018.



Figura 3-11. Localización del Centro de Acopio en Juntas



Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 3-12. Localización del Centro de Acopio en San José de Charaja

C.A SAN JOSÉ DE CHARAJA

-  C.A SAN JOSÉ DE CHARAJA G.1
-  C.A SAN JOSÉ DE CHARAJA G.2



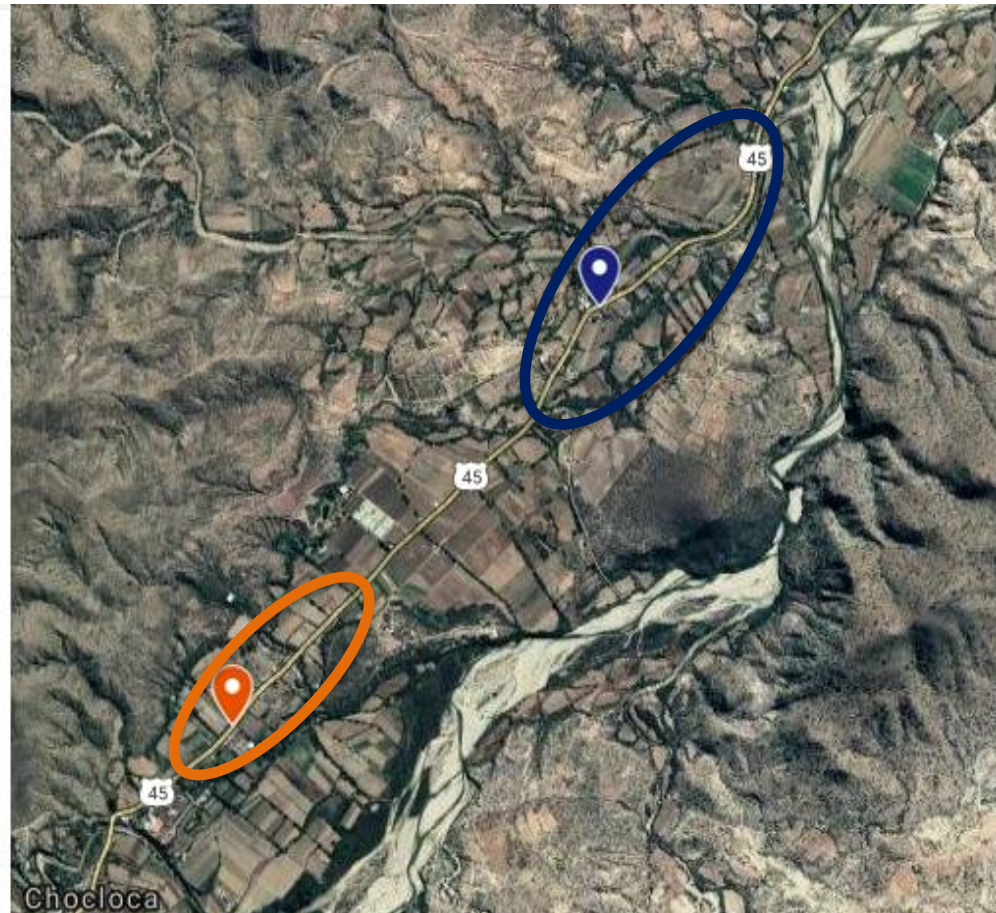
Fuente: Google Maps, 2018.

Figura 3-13. Localización del Centro de Acopio en San Antonio Chocloca

C.A SAN ANTONIO CHOCLOCA

 C.A SAN ANTONIO G.1

 C.A SAN ANTONIO G.2



Fuente: Google Maps, 2018.

Como se indicó anteriormente, las especificaciones más a detalle de los tanques en los centros de acopio se realizan en el capítulo siguiente. En el Anexo 8 se observa las planillas de control que deberán tener cada centro de acopio, durante su recepción de la leche y las cuales serán entregadas al chofer (recolector) del cisterna respectivo.

En la Tabla III-30, se muestra los lugares de recolección de cada cisterna, de acuerdo a la Tabla III-15.

Tabla III-30. Zonas de Recolección del Transporte Moderno

Transporte	N° de Zonas a Recolectar	Zonas Específicas
Cisterna 1	4	Rancho Sur N°1, Rancho Sur N°2, Bordo Mollar y Erquiz Norte.
Cisterna 2	11	Tolomosita, San Blas, Erquiz Sud, Canasmoro, San Lorenzo, Sella Méndez, Tja. Cancha Norte, Tja. Cancha Sud, Oscar Alfaro, Calama y Rancho Norte.
Cisterna 3	2	Carachimayo y Bordo-Carachimayo.
Cisterna 4	1	San Nicolás.
Cisterna 5	2	Rosillas y Abra San Miguel.
Cisterna 6	5	Cañas, Chaguaya, Mollar, Juntas, San José de Charaja.
Cisterna 7	6	Cabildo, Padcaya, Abra La Cruz, Campo de Vasco, Guaranguay y Colón Norte.
Cisterna 8	3	Chocloca Centro, Chocloca Universidad y San Antonio-Chocloca.
Particulares	5	La Choza, Pampa La Villa, El Puente, Incahuasi y San Luis.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En cuanto a las especificaciones del recipiente de recolección de los camiones cisternas, se mencionarán en el capítulo siguiente.

3.4.3 Selección del Equipo de Frío para el Proceso de Recepción

En el caso de la recepción y almacenamiento, como se mencionó, se requiere un equipo para el enfriamiento de la leche, el cual consiste en un intercambiador de calor. En este caso lo más importante es seleccionar la mejor alternativa para el intercambiador de calor, para ello se toma en cuenta lo explicado en la Tabla III-11 y Tabla III-31.

Tabla III-31. Ventajas y Desventajas de los Equipos de Frío

Equipo	Ventajas	Desventajas
Intercambiadores Tubulares	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil mantenimiento • Facilidad de control • Económico en construcción • Fácil en su construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • Escape de calor al ambiente • Baja transferencia de calor • Gastos elevados en el mantenimiento • En procesos industriales requiere de un gran número de unidades
Intercambiadores de Placa	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad en el desarmado para su limpieza • Utilización en la industria alimentaria • Mayor eficiencia térmica y requieren menos espacio. 	<ul style="list-style-type: none"> • No trabaja a altas presiones (máx. 30 kgf/cm²) • No trabaja a altas temperaturas (máx. 200 °C)

Fuente: Céspedes, A., 2011.

Para la selección del intercambiador de calor más adecuado, se evalúan los criterios más importantes como se muestra en la Tabla III-32.

Tabla III-32. Criterios para la Selección de Alternativa

Factor Evaluado	Comentario	Ponderación
Costo (ver Anexo 10)	Se debe considerar el costo de inversión que hará PIL Tarija S.A para adquirir el equipo correspondiente. También tomar en cuenta el costo de operación del mismo en lo posible que sea lo más bajo, esto en cuanto gastos de energía, personal, etc.	45
Producto	La viscosidad del fluido a enfriar juega un papel importante, en este caso se trata de leche donde su viscosidad no es mayor. Hay que considerar que se trata de un producto alimenticio.	15
Eficiencia Termodinámica	El equipo debe enfriar la leche en el menor tiempo posible, para ello debe tener una excelente transferencia de calor.	30
Mantenimiento	Facilidad en el mantenimiento, y en caso de cualquier falla del equipo, que el personal no tenga dificultades al resolver el problema.	10

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando Textos de Apoyo de la Materia PRQ054 – Proyecto de Instalaciones Industriales - UAJMS.

Una vez determinados los criterios de la Tabla III-32, y analizando lo mencionado en la Tabla III-31, se procederá a realizar una puntuación a cada criterio, y llegar a la conclusión de cuál equipo es el más adecuado para la realización del diseño. Para la puntuación a realizar se toma en cuenta la siguiente:

- No Aplica = 0
- Deficiente = 1
- Adecuada = 3
- Muy Bueno = 5

A continuación, se realiza la calificación correspondiente a las alternativas de enfriamiento que son equipos tubulares y equipos de placas.

Tabla III-33. Calificación de los Equipos de Frío

Factor Evaluado (Pond.)	Comentario	Calificación	Calificación
		Equipo Tubular	Equipo de Placas
Costo (45)	De acuerdo a lo que se presenta en el Anexo 10, propuesto por Moncada, A., se observa que el equipo a placas presenta un menor costo de operación e inversión porque requiere de una sola unidad en comparación al equipo tubular que requiere de un gran número.	3	5
Producto (15)	Ambos equipos pueden enfriar el fluido (leche), pero el equipo de placas es el más usado en industrias alimentarias.	3	3
Eficiencia Termodinámica (30)	El equipo de placas tiene mayor eficiencia, gracias a que tiene mayor área de contacto entre el fluido y el refrigerante.	3	5
Mantenimiento (10)	Un equipo de placas es más fácil para efectuar su mantenimiento porque sus piezas son desmontables y pequeñas en comparación al equipo tubular.	3	5

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando Moncada, L (s.f)

Una vez llevada a cabo la calificación correspondiente, se procede con la selección del equipo de frío que mejor cumpla con los criterios de selección. En la Tabla III-34 se muestra la matriz de decisión para el equipo que se quiere implementar en la recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A.

Tabla III-34. Matriz de Decisión para Selección de Equipo de Frío

Criterios		Equipo Tubular			Equipo de Placas		
Variable	Valor Ponderado %	Calif.	C/5	Pond.	Calif.	C/5	Pond.
Costo	45	3	0.6	27	5	1	45
Producto	15	3	0.6	9	3	0.6	9
Eficiencia Termodinámica	30	3	0.6	18	5	1	30
Mantenimiento	10	3	0.6	6	5	1	10
TOTAL	100			60			94

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De acuerdo a la Tabla III-34, (C/5) es la calificación asignada dividida entre 5, que es el máximo rango de puntuación que se toma en cuenta.

Se llega a la conclusión que para llevar a cabo el enfriamiento de la leche en la recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A el equipo de placas (intercambiador de placas) es el indicado; con esto se contribuye a la modernización del sistema integrado actual logrando así la conservación de la calidad de la leche.

En el siguiente capítulo se lleva a cabo el diseño del equipo de enfriamiento seleccionado. En el anexo 9 se presenta la planilla de control en la recepción de leche para la planta PIL Tarija S.A.

CAPÍTULO IV

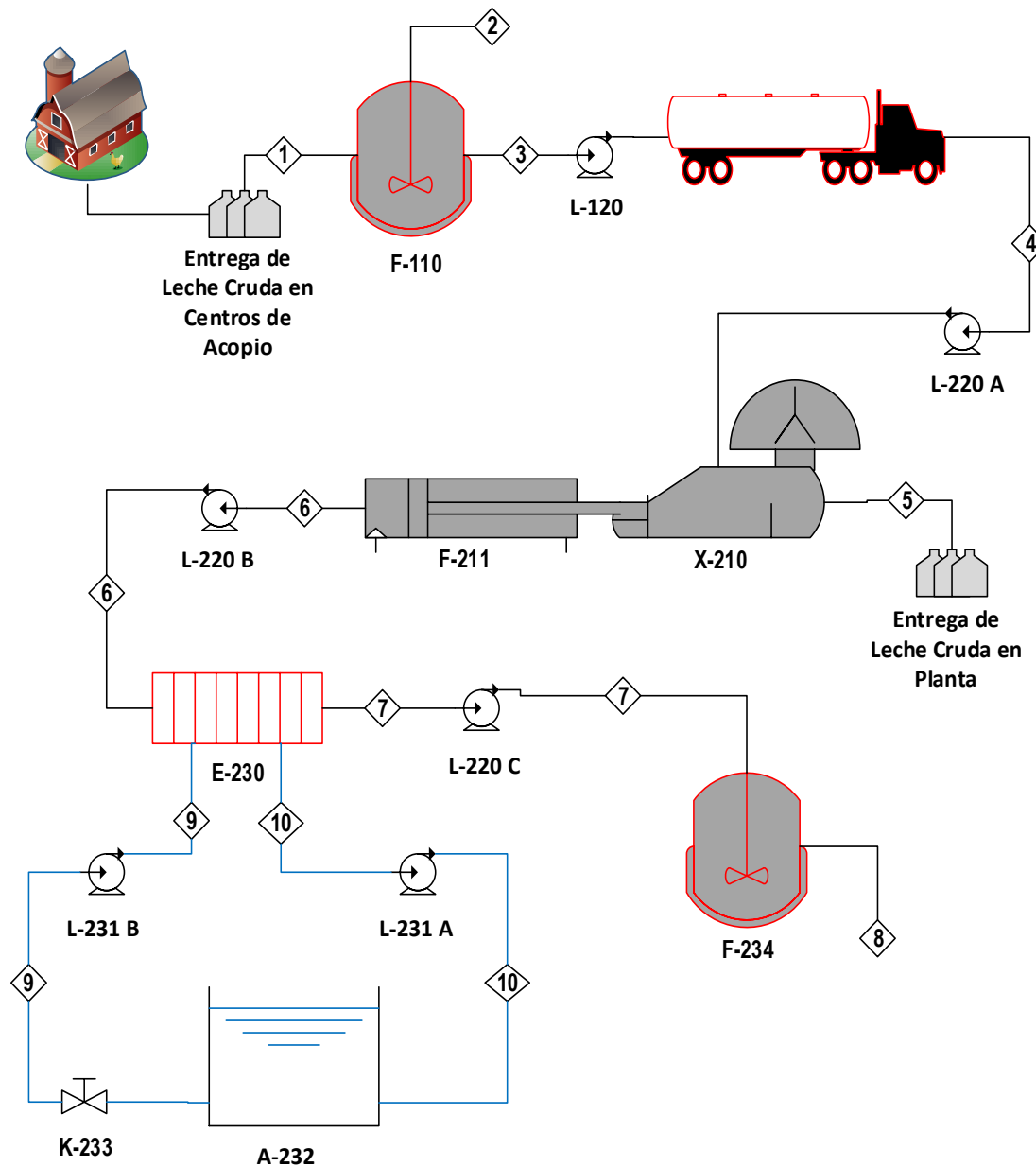
DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS

4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA INTEGRADO CON LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Figura 4-1. Diagrama de Flujo del Sistema Integrado de PIL Tarija S.A



Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando Ulrich, G., 1993.

En la Figura 4-1 se muestra el diagrama de flujo del Sistema Integrado de Recolección, Transporte, Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda donde se incluyen las alternativas de solución. En la Tabla IV-1 se presenta los nombres de los equipos.

Tabla IV-1. Descripción de Equipos

Código	Nombre del Equipo
F-110	Tanque de enfriamiento de leche (Centro de Acopio)
X-210	Balanza de pesado de la leche cruda (Recepción en planta)
F-211	Tina de recepción de leche cruda
E-230	Equipo de enfriamiento para leche cruda
F-234	Tanque de almacenamiento de leche cruda
A-232	Banco de agua helada
L-120	Bomba centrífuga para leche cruda del transporte
L-220 A/B/C	Bomba centrífuga para leche cruda en planta
L-231 A/B	Bomba centrífuga para el agua fría
K-233	Válvula reguladora de caudal de agua fría

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando Ulrich, G., 1993.

De los equipos mencionados, conforme avance el capítulo se describe las especificaciones de los mismos. En la Tabla IV-2 se presenta las corrientes de flujo identificadas en el diagrama, donde cada número dentro de la figura hace referencia a un flujo de corriente, y cuando se realice el balance correspondiente al sistema integrado, se representa a cada flujo con una letra “F”.

Tabla IV-2. Descripción de los Flujos

N° Flujo	Flujo	Temperatura
①	Leche cruda entregada a los centros de acopio	35 °C
②	Pérdidas de leche cruda por medición de volumen	---
③	Leche cruda enfriada en los centros de acopio y recolectada por el transporte	4 °C
④	Leche cruda recibida en planta por el transporte	15 °C
⑤	Leche cruda recibida en planta por productores particulares	16 °C
⑥	Leche cruda destinada al proceso de enfriamiento	17 °C
⑦	Leche cruda fría para almacenar	4 °C
⑧	Leche cruda fría para la elaboración de productos lácteos	4 °C
⑨	Agua fría que ingresa al equipo de enfriamiento	2 °C
⑩	Agua que sale del equipo de enfriamiento	5 °C

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando Ulrich, G., 1993.

4.2 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DEL SISTEMA INTEGRADO

4.2.1 Balance de Materia

Para la realización del balance de materia en el sistema integrado se toma en cuenta la ecuación general:

$$\text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo} = \text{Acumulación} \quad (\text{Ec. 4-1})$$

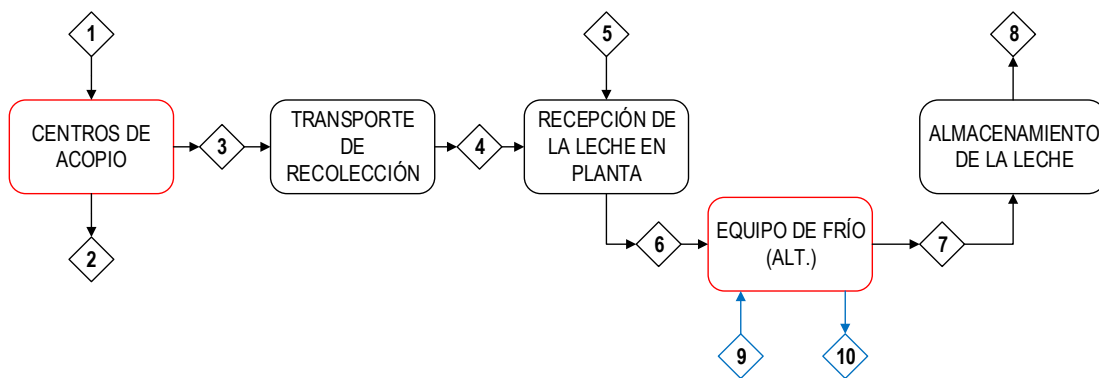
En este caso nuestro no se trata de un sistema reactivo, por lo que no existe generación de producto y tampoco consumo de reactivo, entonces estos términos se consideran nulos.

En el caso de la acumulación igual es nula debido a que nuestro sistema se encuentra en estado estacionario, porque las características de la leche en este caso no varían con el tiempo. Por lo tanto, la Ec. 4-1 queda de la siguiente manera:

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (\text{Ec. 4-2})$$

El sistema donde se efectuará el balance de materia, se muestra a continuación en la Figura 4-2.

Figura 4-2. Sistema Integrado para el Balance de Materia y Energía



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Para la realización del balance se procederá con la división del sistema en cada punto, se toma en cuenta los datos de volumen de leche cruda entregada de acuerdo al diagnóstico realizado y datos presentados en las Figuras 2-4, 2-5 y 2-6.

Se realiza una conversión a las unidades de volumen (L) a masa (kg) usando como datos el valor de densidad de la leche cruda ($\rho = 1029 \text{ kg/m}^3$) y la densidad del agua ($\rho = 997 \text{ kg/m}^3$) a aquellos valores de flujos conocidos; los flujos de corriente usados para el balance correspondiente son:

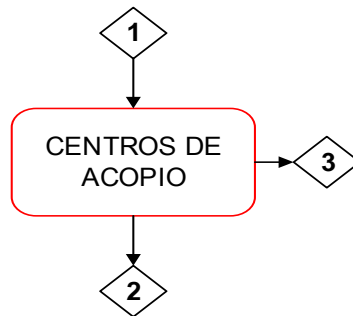
F1 = 20380 L = 20971 kg (Cantidad de leche entregada a los centros de acopio)

F2 = 204 L = 210 kg (Pérdidas de leche en los centros de acopio)

F5 = 9620 L = 9899 kg (Cantidad de leche entregada por productores particulares)

Para la realización del balance correspondiente se toma como Base de Cálculo “1 día de operación” en cuanto a la recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en la planta. Los valores de flujos desconocidos, incluyendo el del agua, se calculan mediante la realización del balance, para tener valores más correctos. El valor de la temperatura de la leche recibida es 17 °C (valor promedio).

Balance de Materia en los Centros de Acopio



Reemplazando los datos conocidos en la Ec. 4-2 nos queda:

$$F1 = F2 + F3$$

$$20971 \text{ kg} = 210 \text{ kg} + F3$$

$$\mathbf{F3 = 20761 \text{ kg}}$$

El valor de F2 representa el 1% de pérdidas de la leche en los centros de acopio por error en la medición del volumen de leche, este margen de pérdida se determina en la planta durante la recepción. Hay que señalar que muchos centros de acopio manejan la lectura de volumen en L y en la planta la recepción es en kg. La variación producida es por el valor de la densidad de la leche que toma como dato la planta.

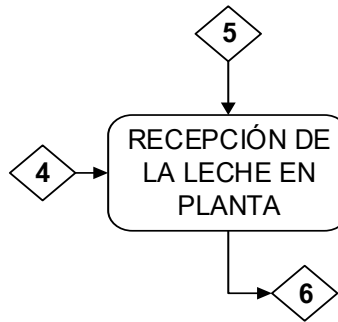
Balance de Materia en el Transporte de Recolección



$$F3 = F4$$

$$F4 = 20761 \text{ kg}$$

Balance de Materia en la Recepción de la Leche en la Planta



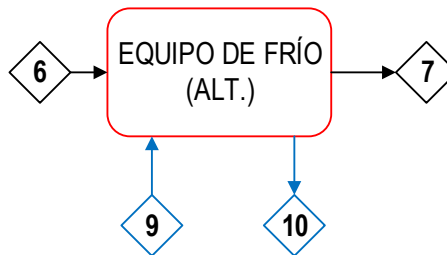
$$F4 + F5 = F6$$

$$207621 \text{ kg} + 9899 \text{ kg} = F6$$

$$F6 = 30660 \text{ kg}$$

En el caso de la recepción de la leche en la planta, las pérdidas que pueden existir son despreciables, las mismas son ocasionadas cuando se realiza un muestreo dos veces al mes, siendo un volumen despreciable.

Balance de Materia en el Equipo de Frío

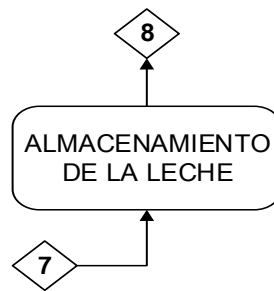


$$F6 = F7$$

$$F7 = 30660 \text{ kg}$$

El valor de los flujos F9 y F10 se calcula cuando se realiza el balance de energía.

Balance de Materia en el Almacenamiento de la Leche Cruda



$$F7 = F8$$

$$F8 = 30660 \text{ kg}$$

La cantidad de leche que se enfría y se almacena es de 30660 kg o 29796 L. Se toma en cuenta un valor de 30000 L o 30870 kg de leche cruda, este valor además será utilizado para el cálculo del equipo de frío. Hay que resaltar que la corriente F5 se da una margen de volumen mayor al que se tiene en un principio, con el objetivo de prevenir futuras ampliaciones en entregas de leche cruda a la planta. El valor de F8 nos sirve para el cálculo del equipo de frío.

4.2.2 Balance de Energía

Para la realización del balance de energía hay que tomar en cuenta lo establecido en la Primera Ley de la Termodinámica: “La energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma”.

La transferencia de energía en un sistema, puede darse de dos maneras, en forma de trabajo y en forma de calor. Como se hizo referencia en el balance de materia se trata de un sistema en estado estacionario, por lo que se considera que la transferencia de energía en este sistema es de calor al tratarse de un proceso de enfriamiento. Una de las expresiones para el cálculo de transferencia de calor se describe a continuación.

$$Q = m * c_p * \Delta T \quad (\text{Ec. 4-3})$$

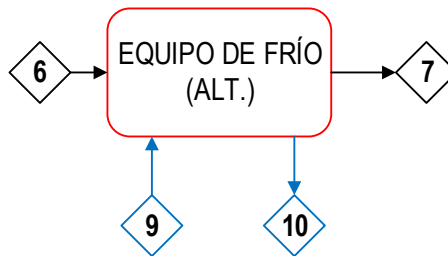
Donde “m” es el flujo másico, “c_p” es el calor específico y “ΔT” es la variación de temperatura. Para analizar la transferencia entre los dos fluidos, en este caso leche y agua fría, se toma en cuenta el calor cedido por un fluido caliente y el calor ganado por el fluido frío, cuya ecuación es la siguiente:

$$Q_c = Q_g \quad (\text{Ec. 4-4})$$

Donde “Q_c” es el calor cedido y “Q_g” es el calor ganado.

El balance de energía en el sistema integrado solo se realiza específicamente en el Equipo de Frío donde existe una transferencia de calor entre la leche y el agua. La masa del agua es la que utiliza durante un día de operación.

Balance de Energía en el Equipo de Frío



$$Q_c = Q_g$$

Donde la leche cede calor y el agua fría gana calor:

$$Q = m_F * c_{pF} * \Delta T_F = m_w * c_{pw} * \Delta T_w$$

$$Q_F = (30\,660 \text{ kg}) * \left(3.883 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) * (17^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C}) = 1549679.04 \text{ kJ}$$

$$m_w = \frac{Q_F}{c_{pw} * \Delta T_w} = \frac{1\,549\,679.04 \text{ kJ}}{\left(4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) * (5^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C})} = 123372 \text{ kg}$$

$$Q_w = (123\,372 \text{ kg}) * \left(4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) * (5^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C}) = 1549675.69 \text{ kJ}$$

La temperatura t_2 se toma como dato de otro proceso similar de enfriamiento dentro de la planta con las mismas condiciones; al efectuar el diseño se corrobora si el valor de t_2 es correcto o no. El valor del flujo másico del agua (123372 kg/d o 123743 L/d o también 41120 L/h) corresponde a la variable identificada como F9 y F10, este valor será usado para el diseño del equipo. Los resultados del balance realizado se presentan en la Tabla IV-3.

Tabla IV-3. Balance de Materia en el Sistema Integrado

N° Flujo	Flujo	Valor	Temperatura
1	Leche cruda entregada a los centros de acopio	20971 kg	35 °C
2	Pérdidas de leche cruda por medición de volumen	210 kg	---
3	Leche cruda enfriada en los centros de acopio y recolectada por el transporte	20761 kg	4 °C
4	Leche cruda recibida en planta por el transporte	20761 kg	15 °C
5	Leche cruda recibida en planta por productores particulares	9899 kg	16 °C
6	Leche cruda destinada al proceso de enfriamiento	30660 kg	17 °C
7	Leche cruda fría para almacenar	30660 kg	4 °C
8	Leche cruda fría para la elaboración de productos lácteos	30660 kg	4 °C
9	Agua fría que ingresa al equipo de enfriamiento	123372 kg	2 °C
10	Agua que sale del equipo de enfriamiento	123372 kg	5 °C

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

4.3 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE FRÍO POR PLACAS

4.3.1 Metodología para el Diseño

Para el diseño del equipo de frío por placas o intercambiador de calor de placas, se utilizará el Método Iterativo que fue desarrollado por Welti-Chanes, J., Vergara-Balderas, F., Ruíz-Medina, A.L., Laserna-Figueroa, F. y Ramírez-Juárez, J.L. (s.f) para este tipo de equipos de enfriamiento y/o calentamiento. Este método tiene una modificación específicamente en el cálculo de la eficiencia del intercambiador, unidades de transferencia de calor (NTU) y las caídas de presión de los fluidos.

El método consiste en asumir un valor del coeficiente global de transferencia de calor (U) y al finalizar los pasos del método comprobar la validez del valor asumido en primera instancia; en caso de que se encuentre dentro de los rangos aceptables entonces el proceso iterativo finaliza, si no se encuentra en los rangos establecidos este valor se convierte en el asumido y se realiza nuevamente los cálculos correspondientes hasta cumplir con la condición establecida anteriormente.

El diseño a realizar es para el tratamiento térmico de enfriamiento de la leche cruda que llega a la planta PIL Tarija S.A donde el fluido de servicio o refrigerante es agua fría, a continuación, se explican los pasos a seguir para el dimensionamiento del equipo de frío de placas.

1. Se requiere los datos de temperatura de entrada y salida del producto (T_1 y T_2) y de fluido de servicio que en nuestro caso es agua fría (t_1 y t_2) y flujo de producto a tratar (m_F). Con estos datos se evalúan las temperaturas medias del producto y del agua de servicio:

$$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (\text{Ec. 4-5})$$

$$t_m = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (\text{Ec. 4-6})$$

$$T_w = \frac{T_m + t_m}{2} \quad (\text{Ec. 4-7})$$

Donde T_w es la temperatura de la pared del equipo, donde Alvarado (2013), plantea la Ec. 4-7 para calcular de manera aproximada dicha temperatura, y luego corroborar con el cálculo de la temperatura real de la pared para determinar si las temperaturas establecidas están bien.

2. Cálculo de las propiedades de los fluidos como: k , c_p , ρ , μ . Se emplean los modelos propuestos por Choi y Okos (1983), donde se detalla las expresiones para las tres primeras:

Conductividad térmica (k):

$$K = \sum_{i=1}^n k_i Y_i \quad (\text{Ec. 4-8})$$

Donde el alimento tiene “n” componentes, k_i es la conductividad térmica del componente “i”, Y_i es la fracción en volumen del componente “i” obtenido de la siguiente ecuación:

$$Y_i = \frac{\frac{x_i}{\rho_i}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\rho_i}\right)} \quad (\text{Ec. 4-9})$$

Donde x_i es la fracción peso y ρ_i es la densidad del componente “i”, “n” es el número total de componentes del alimento.

Calor específico (c_p):

$$c_p = \sum_{i=1}^n c_{p_i} X_i \quad (\text{Ec. 4-10})$$

Donde c_{p_i} es la fracción y calor específico del componente “i”.

Densidad (ρ):

$$\rho = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\rho_i}\right)} \quad (\text{Ec. 4-11})$$

Donde ρ_i es la densidad del componente “i”.

Los valores para la composición de algunos alimentos seleccionados, así como los coeficientes utilizados para estimar las propiedades se utilizó de los apéndices de Singh y Heldman (2009); estos apéndices se pueden observar en los (Anexos 11 y 12). Para la determinación de la viscosidad de la leche se tomó los valores experimentales reportados por Alvarado (2013). Para el caso del agua se toma los valores establecidos en Cengel (2009) (ver Anexo 13).

3. Evaluación del calor requerido por el producto a enfriar (Q), mediante la ecuación:

$$Q = m_F c_p (T_1 - T_2) \quad (\text{Ec. 4-12})$$

4. Estimación de la temperatura media logarítmica (MLDT), considerando flujo a contracorriente; como se determinó en el capítulo anterior en las condiciones y capacidades, esta configuración es más eficiente al existir mayor transferencia de calor entre los fluidos.

$$\Delta t_2 = T_1 - t_2 \quad (\text{Ec. 4-13})$$

$$\Delta t_1 = T_2 - t_1 \quad (\text{Ec. 4-14})$$

$$MLDT = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \quad (\text{Ec. 4-15})$$

5. Cálculo del área de transferencia de calor requerida A_T .

$$A_T = \frac{Q}{U_{Dsup} * MLDT} \quad (\text{Ec. 4-16})$$

Para efectuar este cálculo es necesario suponer un valor de U_{Dsup} . Welti-Chanes, J. et. al., proponen que el valor supuesto de U_D , sea tomando en cuenta lo siguiente.

- Producto newtoniano: $0.085 < U_{Dsup} < 2.3 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Producto no newtoniano: $2.3 < U_{Dsup} < 4.003 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

6. Cálculo del número de placas necesarias (N_p):

$$N_p = \frac{A_T}{A_p} \quad (\text{Ec. 4-17})$$

Donde A_p es el área de transferencia de calor de cada placa, este dato se puede saber de acuerdo al tipo de placas, proporcionados por los distribuidores del equipo. El número de placas (N_p) debe ser impar.

7. Cálculo del número de canales (N_c) para el producto y el fluido de servicio (agua fría):

$$N_c = \frac{N_{CT}}{2} \quad (\text{Ec. 4-18})$$

Donde N_{CT} es el número de canales totales, el cual resulta de sumar 1 al número de placas (N_p) calculados anteriormente. Si $N_p > 700$ se considera que el diseño es incorrecto y se verifica las dimensiones de las placas en el paso (6).

8. Cálculo del área de flujo total para los fluidos (A_{FT}):

$$A_{FT} = a_p E_p N_c \quad (\text{Ec. 4-19})$$

Donde a_p es el ancho efectivo de cada placa y E_p es la separación entre placas.

9. Cálculo del diámetro hidráulico equivalente (D_e):

$$D_e = \frac{2a_p E_p}{a_p + E_p} \quad (\text{Ec. 4-20})$$

10. Cálculo de las velocidades de masa de cada fluido (G_F y G_W):

$$G_F = \frac{m_F}{A_{FT}} \quad (\text{Ec. 4-21})$$

$$G_W = \frac{m_W}{A_{FT}} \quad (\text{Ec. 4-22})$$

11. Evaluación del número de Reynolds (Re) y el número de Prandtl (Pr) para ambos fluidos.

Producto (Leche cruda):

$$Re_F = \frac{D_e * G_F}{\mu_F} \quad (\text{Ec. 4-23})$$

$$Pr_F = \frac{c_{pF} * \mu_F}{k_F} \quad (\text{Ec. 4-24})$$

Fluido de Servicio (Agua fría):

$$Re_w = \frac{D_e * G_w}{\mu_w} \quad (\text{Ec. 4-25})$$

$$Pr_w = \frac{c_{pw} * \mu_w}{k_w} \quad (\text{Ec. 4-26})$$

12. Estimación del valor del coeficiente de transferencia de calor convectivo para los dos fluidos (h_F y h_w), dependiendo del régimen de flujo y de las propiedades de cada fluido (c_p , μ , k , ρ):

$$Nu = C * (Re)^X * (Pr)^Y \quad (\text{Ec. 4-27})$$

Para flujo laminar $Re < 400$: $C = 1.86$, $X = 0.33$, $Y = 0.33$

Para flujo turbulento $Re > 400$: $C = 0.027$, $X = 0.8$, $Y = 0.33$

$$h_F = \frac{Nu * k_F}{D_e} \quad (\text{Ec. 4-28})$$

$$h_w = \frac{Nu * k_w}{D_e} \quad (\text{Ec. 4-29})$$

13. Cálculo del coeficiente global de diseño ($U_{cal.}$) mediante la siguiente ecuación:

$$U_{cal.} = \frac{1}{\frac{1}{h_F} + \frac{S_p}{k_{ac}} + \frac{1}{h_w}} \quad (\text{Ec. 4-30})$$

Donde S_p es el espesor de cada placa y k_{ac} es la conductividad térmica del material de las placas.

14. Evaluación del coeficiente de transferencia global real del equipo (U_D), suponiendo un factor de ensuciamiento R_d .

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_{cal.}} + R_d \quad (\text{Ec. 4-31})$$

En cuanto al factor de ensuciamiento, se utilizará valores recomendados por los fabricantes del equipo.

Una vez calculado el coeficiente de transferencia global (U_D), se realiza una comparación con el valor supuesto ($U_{sup.}$) en el paso (5). Para determinar si el valor es aceptable se realiza la siguiente verificación:

$$0.995 < \frac{U_{sup.}}{U_D} < 1.05$$

En caso que el valor no sea aceptable, el valor de U_D se vuelve en el nuevo $U_{sup.}$ y se repite los pasos desde el punto (5) hasta que se cumpla con la condición mencionada anteriormente.

15. Cálculo de la temperatura de la pared del equipo (T_w), donde se usa la siguiente ecuación:

$$h_F(T_w - T_m) = U_D(t_m - T_m) \quad (\text{Ec. 4-32})$$

Despejando T_w de la Ec. 4.33, nos queda:

$$T_w = \frac{U_D(t_m - T_m)}{h_F} + T_m \quad (\text{Ec. 4-33})$$

El valor obtenido de la Ec. 4-7 se compara con el valor obtenido de la Ec. 4-33.

16. Estimación de las Unidades de Transferencia de Calor (NTU):

Producto (Leche cruda):

$$NTU_F = \frac{T_1 - T_2}{MLDT} \quad (\text{Ec. 4-34})$$

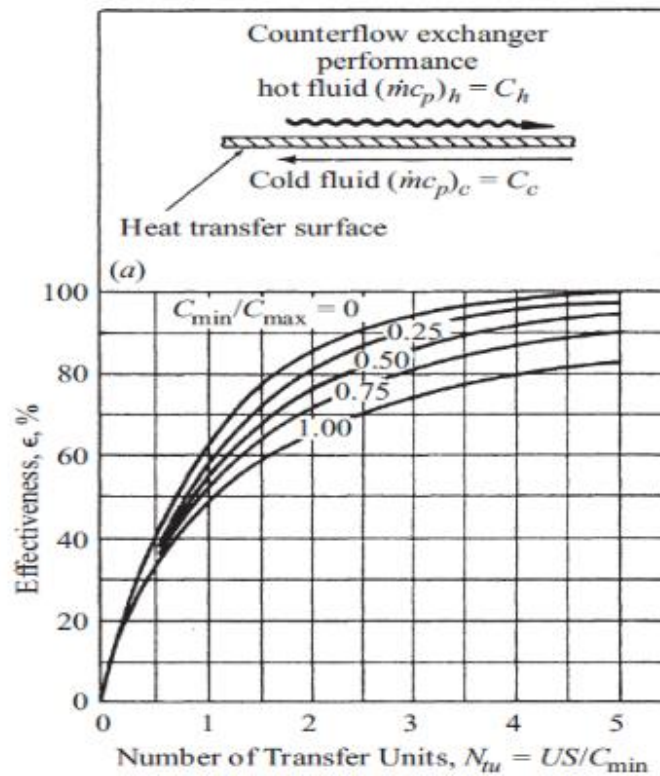
Fluido de Servicio (Agua fría):

$$NTU_w = \frac{t_2 - t_1}{MLDT} \quad (\text{Ec. 4-35})$$

$$NTU_T = NTU_F + NTU_w \quad (\text{Ec. 4-36})$$

17. Para la estimación de la Efectividad (ϵ) de un intercambiador donde su flujo es a contracorriente, nos basamos en la gráfica que establece Bejan A., (2003):

Figura 4-3. Efectividad de un Intercambiador de Placas



Fuente: Bejan A., (2003).

Donde:

$$C = \frac{m_{\min} C_{\min}}{m_{\max} C_{\max}}$$

$(m_{\min} C_{\min})$ es la capacidad calorífica y flujo másico menor de los dos fluidos y $(m_{\max} C_{\max})$ la capacidad calorífica y flujo másico mayor de los dos fluidos. Para utilizar esta gráfica se ubica el valor de NTU en el eje “x” y en las curvas el valor de “C”, en el eje “y” se da lectura de la efectividad del equipo.

18. Evaluación del Número de Pasos (N_{pasos}) para ambos fluidos con la siguiente expresión:

$$N_{\text{pasosF}} = \frac{NTU * m_F * C_{pF}}{2A_p U_D N_c} \quad (\text{Ec. 4-37})$$

$$N_{\text{pasosW}} = \frac{NTU * m_w * C_{pw}}{2A_p U_D N_c} \quad (\text{Ec. 4-38})$$

19. Verificación del cumplimiento del balance de energía con el área de intercambio calculada:

$$Q = U_D A_T MLDT = m_F C_{pF} (T_1 - T_2) \quad (\text{Ec. 4-39})$$

20. Evaluación de las caídas de presión (ΔP) para cada fluido. Moncada (s.f), en su investigación acerca de Intercambiadores de Calor, señala que la caída de presión de un intercambiador de placas puede estimarse mediante la ecuación propuesta por Cooper:

$$\Delta P = \frac{(2f G^2 L)}{(g^D e \rho)} \quad (\text{Ec. 4-40})$$

En la Ec. 4-40:

$$f = \frac{2.5}{(\text{Re})^{0.3}} \quad (\text{Ec. 4-41})$$

$$L = l * N_{\text{pasos}} \quad (\text{Ec. 4-42})$$

$$l = \frac{A_p}{a_p} \quad (\text{Ec. 4-43})$$

4.3.2 Consideraciones para el Diseño

Para la realización del diseño del equipo correspondiente, se toma en cuenta lo mencionado por Moncada (s.f):

- Las pérdidas de calor son despreciables
- No existe espacios con aire en el intercambiador
- El coeficiente total de transferencia es constante a través de todo el intercambiador
- La temperatura de los canales varía solamente en la dirección del flujo
- Las corrientes se dividen en partes iguales entre los canales en caso de un flujo en paralelo

Los datos requeridos para el diseño del equipo se describen a continuación:

Tabla IV-4. Datos de la Leche Cruda

Características	Nomenclatura	Valor	Unidad
Flujo másico	m_F	2.85	kg/s
Densidad	ρ_F	1025	kg/m ³
Calor específico	c_{pF}	3.888	kJ/kg °C
Conductividad térmica	k_F	0.5506	W/m °C
Viscosidad	μ_F	0.002	kg/m.s
Temperatura de entrada	T_1	17	°C
Temperatura de salida	T_2	4	°C

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De la tabla anterior, hay que especificar el flujo másico de la leche; si bien la cantidad de leche recibida es de 30000 L/d, para que el enfriamiento sea lo más rápido, se da como base de cálculo que se enfríe una cantidad de 10000 L/h lo cual es convertido a flujo másico.

Las propiedades de densidad, calor específico, conductividad térmica y viscosidad de la leche son valores a una temperatura media del fluido calculados con la Ec. 4.5 y 4.6.

Tabla IV-5. Datos del Agua Fría

Características	Nomenclatura	Valor	Unidad
Flujo másico	m_w	11.42	kg/s
Densidad	ρ_w	1000	kg/m ³
Calor específico	c_{pw}	4.205	kJ/kg °C
Conductividad térmica	k_w	0.571	W/m °C
Viscosidad	μ_w	0.0015	kg/m.s
Temperatura de entrada	t_1	2	°C
Temperatura de salida	t_2	5	°C

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De la Tabla IV-5 el flujo másico de agua se convierte a kg/s al valor encontrado durante la realización del balance correspondiente.

Tabla IV-6. Datos de las Placas del Intercambiador

Características	Nomenclatura	Valor	Unidad
Longitud de la placa	L_p	1.02	m
Ancho efectivo de la placa	a_p	0.278	m
Espesor de la placa	S_p	0.001	m
Separación entre placas	E_p	0.004	m
Diámetro equivalente de la placa	D_{ep}	0.0044	m
Conductividad térmica del acero	k_{ac}	16.3	W/m °C
Área de transferencia de la placa	A_p	0.284	m ²

Fuente: Inproco S.R.L, 2018.

Los datos de las placas de nuestro equipo, fueron proporcionados mediante catálogo de Inproco S.R.L siendo una de las empresas que proporciona equipos a la planta PIL Tarija S.A. el material en que se fabrican las placas es acero inoxidable AISI 316.

4.3.3 Cálculos del Equipo de Frío

1. Determinación de las temperaturas medias de la leche (T_m) y del agua (t_m) Ec. 4-5 y 4-6, para (T_w) la Ec. 4-7.

$$T_m = \frac{17^\circ\text{C} + 4^\circ\text{C}}{2} = 10.5^\circ\text{C} \cong 11^\circ\text{C}$$

$$t_m = \frac{2^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}}{2} = 3.5^\circ\text{C} \cong 4^\circ\text{C}$$

$$T_w = \frac{11^\circ\text{C} + 4^\circ\text{C}}{2} = 7.5^\circ\text{C} \cong 8^\circ\text{C}$$

2. Para la determinación de las propiedades k , c_p , ρ , μ se toma en cuenta las temperaturas medias de cada fluido. Para la leche se utilizan las Ec. 4-8, 4-9, 4-10 y 4-11, cuyos valores obtenidos se presentaron en la Tabla IV-4, para las propiedades del agua se determinó mediante tablas establecidas por Cengel, que se presentó en la Tabla IV-5.

3. El flujo de calor, se calcula con la Ec. 4-12.

$$Q = \left(2.85 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) * \left(3.888 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) * (17^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})$$

$$Q = 144.05 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 144.05 \text{ kW}$$

4. Estimación de la MLDT, Ec. 4-13, 4-14 y 4-15.

$$\Delta t_2 = 17^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 12^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_1 = 4^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C} = 2^\circ\text{C}$$

$$\text{MLDT} = \frac{12^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C}}{\ln\left(\frac{12^\circ\text{C}}{2^\circ\text{C}}\right)}$$

$$MLDT = 5.6 \text{ }^{\circ}\text{C} \cong 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

5. Cálculo del área de transferencia de calor requerida; de acuerdo a lo que establece Welti-Chanes, J. et. al. se supone un valor de U_{Dsup} igual a $2.3 \text{ kW/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$, porque la leche es un fluido newtoniano (Alvarado, 2013, p.182), aplicando la Ec. 4-16 queda:

$$A_T = \frac{144.05 \text{ kW}}{\left(2.3 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}}\right) * (6 \text{ }^{\circ}\text{C})}$$

$$A_T = 10.44 \text{ m}^2$$

6. Determinación del número de placas necesarias con la Ec. 4-17.

$$N_p = \frac{10.44 \text{ m}^2}{0.284 \text{ m}^2}$$

$$N_p = 36.8 \cong 37$$

Como el número de placas debe ser impar, se tiene como resultado 37 placas.

7. Determinación del número de canales para el producto y el fluido con la Ec. 4-18, donde N_{CT} es igual a 38:

$$N_c = \frac{38}{2}$$

$$N_c = 19$$

Se tiene un número de canales igual a 19 para la leche y el agua.

8. Cálculo del área de flujo total para los fluidos. Ec. 4-19.

$$A_{fT} = (0.278 \text{ m}) * (0.001 \text{ m}) * 19$$

$$A_{fT} = 0.0053 \text{ m}^2$$

9. Determinación del diámetro hidráulico equivalente. Ec. 4-20.

$$D_e = \frac{2 * (0.278 \text{ m}) * (0.001 \text{ m})}{0.278 \text{ m} + 0.001 \text{ m}}$$

$$D_e = 0.002 \text{ m}$$

10. Determinación de las velocidades de masa para cada fluido con Ec. 4-21 y 4-22.

Para la leche cruda:

$$G_F = \frac{2.85 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0.0053 \text{ m}^2}$$

$$G_F = 537.74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}}$$

Para el agua:

$$G_w = \frac{11.42 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0.0053 \text{ m}^2}$$

$$G_w = 2154.72 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}}$$

11. Evaluación de los números de Reynolds y Prandtl para cada fluido. Se usan las Ec. 4-23 y 4-24 para la leche y para el agua las Ec. 4-25 y 4-26.

Leche Cruda:

$$\text{Re}_F = \frac{(0.002 \text{ m}) * (537.74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}})}{0.002 \frac{\text{kg}}{\text{m s}}} = 537.74$$

$$\text{Pr}_F = \frac{(3888 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}) * (0.002 \frac{\text{kg}}{\text{m s}})}{0.5506 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}} = 14.12$$

Agua fría:

$$\text{Re}_w = \frac{(0.002 \text{ m}) * (2154.72 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}})}{0.0015 \frac{\text{kg}}{\text{m s}}} = 2872.96$$

$$\text{Pr}_w = \frac{(4205 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}) * (0.0015 \frac{\text{kg}}{\text{m s}})}{0.571 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}} = 11.05$$

12. Determinación del valor del coeficiente de transferencia de calor convectivo para la leche y el agua con las Ec. 4-28 y 4-29. Antes se determina el valor del número de Nusselt con la Ec. 4-27 donde los valores de las constantes C, X e Y se toman en este caso para un flujo turbulento ($Re > 400$), cuyos valores de las mismas son $C = 0.027$, $X = 0.8$ e $Y = 0.33$:

Leche cruda:

$$Nu = 0.027 * (537.74)^{0.8} * (14.12)^{0.33}$$

$$Nu = 9.89$$

$$h_F = \frac{(9.89) * (0.5506 \frac{W}{m \cdot ^\circ C})}{0.002 \text{ m}}$$

$$h_F = 2722.72 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Agua fría:

$$Nu = 0.027 * (2872.96)^{0.8} * (11.05)^{0.33}$$

$$Nu = 34.86$$

$$h_w = \frac{(34.86) * (0.571 \frac{W}{m \cdot ^\circ C})}{0.002 \text{ m}}$$

$$h_w = 9952.53 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

13. Cálculo del coeficiente de transferencia global de diseño. Ec. 4-30.

$$U_{cal.} = \frac{1}{\frac{1}{(2722.72 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C})} + \left(\frac{0.001 \text{ m}}{16.3 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} \right) + \frac{1}{(9952.53 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C})}}$$

$$U_{cal.} = 1889 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} = 1.889 \frac{kW}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

14. Cálculo del coeficiente de transferencia global real. Ec. 4-31. donde el factor de ensuciamiento (R_d) se toma un valor de 0.0001 recomendado por los fabricantes.

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{1.889 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}} + 0.0001$$

$$U_D = 1.889 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Realizando la comparación del coeficiente global real con el coeficiente global supuesto:

$$\frac{U_{\text{sup.}}}{U_D} = \frac{2.3 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}}{1.889 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}} = 1.22$$

$$0.995 < 1.22 < 1.05$$

No llega a cumplir la condición que se establece. Por lo que este valor de $U_D = 1.889 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ pasa a ser el nuevo valor supuesto ($U_{\text{sup.}}$)

Para poder agilizar con las iteraciones, se utilizará el programa Microsoft Excel, cuyos resultados de las mismas se presentan en la Tabla IV-7.

Tabla IV-7. Iteraciones en el Cálculo del Equipo de Enfriamiento

Variable	Unidades	ITERACIONES			
		2 ^{da}	--	7 ^{ma}	8 ^{va}
$U_{sup.}$	$\text{kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	1.889	--	1.509	1.485
A_T	m^2	12.71	--	15.91	16.17
N_p	-	45	--	57	57
N_{cT}	-	46	--	58	58
N_c	-	23	--	29	29
A_{rT}	m^2	0.0254	--	0.0323	0.0322
D_e	m	0.002	--	0.002	0.002
G_F	$\text{kg/m}^2 \text{ s}$	112.04	--	88.34	88.48
G_w	$\text{kg/m}^2 \text{ s}$	448.93	--	353.97	354.55
Re_F	-	112.04	--	88.34	88.48
Pr_F	-	14.12	--	14.12	14.12
Re_w	-	598.58	--	471.96	472.74
Pr_w	-	11.05	--	11.05	11.05
Nu_F	-	21.15	--	19.55	19.56
h_F	$\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	5822.13	--	5382.96	5385.88
Nu_w	-	9.94	--	8.22	8.23
h_w	$\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	2837.46	--	2346.17	2349.25
$U_{cal.}$	$\text{kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	1.708	--	1.485	1.487
U_D	$\text{kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	1.708	--	1.485	1.486
$U_{sup.}/U_D$	-	1.11	--	1.02	1.00

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Como se aprecia en la Tabla IV-7 en la octava iteración se logra cumplir con la condición de manera más eficiente, por lo que el valor del coeficiente de transferencia de calor $U_D = 1.486 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Una vez confirmado esto, se continúa con los cálculos respectivos del equipo.

15. Determinación de la temperatura de la pared del equipo. Ec. 4.33.

$$T_w = \frac{\left(1.487 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}\right) * (4 \text{ } ^\circ\text{C} - 11 \text{ } ^\circ\text{C})}{5385.88 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}} + 11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_w = 8.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Comparando el valor de la temperatura de la pared calculado con la Ec. 4-7 y la Ec. 4-33, se observa que las temperaturas son próximas, lo que quiere decir que las temperaturas son correctas.

16. Cálculo de las unidades de transferencia de calor para cada fluido con las Ec. 4-34 y 4-35. Las unidades de transferencia total, se calcula con la Ec. 4-36.

Leche cruda:

$$NTU_F = \frac{17\text{ °C} - 4\text{ °C}}{6\text{ °C}}$$

$$NTU_F = 2.17$$

Agua fría:

$$NTU_w = \frac{5\text{ °C} - 2\text{ °C}}{6\text{ °C}}$$

$$NTU_w = 0.5$$

Total:

$$NTU_T = 2.17 + 0.5$$

$$NTU_T = 2.67$$

17. Estimación de la efectividad del equipo mediante la Figura 4-3.

$$C = \frac{(2.85 \frac{\text{kg}}{\text{s}}) * (3.888 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}})}{(11.42 \frac{\text{kg}}{\text{s}}) * (4.205 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}})} = 0.23$$

$$NTU_T = 2.67$$

Mediante la gráfica, se tiene una efectividad de:

$$\varepsilon \cong 90\%$$

18. Determinación del número de pasos para ambos fluidos. Ec. 4-37 y 4-38.

$$N_{\text{pasosF}} = \frac{(2.67) * \left(2.85 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) * \left(3.888 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}}\right)}{2 * (0.284 \text{ m}^2) * \left(1.486 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}}\right) * (29)} = 1$$

$$N_{\text{pasosW}} = \frac{(2.67) * \left(11.42 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) * \left(4.205 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}}\right)}{2 * (0.284 \text{ m}^2) * \left(1.486 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}}\right) * (29)} = 5$$

Se tiene que para la leche el número de pasos es “1” y en el caso del agua el número de pasos es “5”.

19. Verificación del cumplimiento del balance de energía. Ec. 4-39.

$$Q = \left(1.486 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}}\right) * (16.17 \text{ m}^2) * (6 \text{ C})$$

$$Q = 144.17 \text{ kW}$$

Se puede observar que el flujo de calor es similar al valor calculado en un principio en el paso (3).

20. Evaluación de las caídas de presión para cada fluido con la Ec. 4-40. Los valores de las constantes para ambos fluidos se obtienen de las Ec. 4-41, 4-42 y 4-43.

Leche cruda:

$$f = \frac{2.5}{(88.48)^{0.3}} = 0.65$$

$$l = \frac{0.284 \text{ m}^2}{0.278 \text{ m}} = 1.02 \text{ m}$$

$$L = 1.02 \text{ m} * 1 = 1.02 \text{ m}$$

$$\Delta P_F = \frac{2 * (0.65) * (88.48 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}})^2 * (1.02 \text{ m})}{\left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) * (0.002 \text{ m}) * \left(1.025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = 516.19 \text{ kgf/m}^2$$

$$\Delta P_F = 0.05 \text{ kgf/cm}^2$$

Agua fría:

$$f = \frac{2.5}{(472.74)^{0.3}} = 0.39$$

$$l = \frac{0.284 \text{ m}^2}{0.278 \text{ m}} = 1.02 \text{ m}$$

$$L = 1.02 \text{ m} * 5 = 5.1 \text{ m}$$

$$\Delta P_w = \frac{2 * (0.39) * (354.55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}})^2 * (5.1 \text{ m})}{(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) * (0.002 \text{ m}) * (1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})} = 25487.12 \text{ kgf/m}^2$$

$$\Delta P_w = 2.55 \text{ kgf/cm}^2$$

Una vez finalizado el diseño del equipo de frío en la Tabla IV-12 se presenta las dimensiones y características del equipo diseñado.

4.4 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS NECESARIOS

Se realiza una especificación de todos los equipos requeridos para efectuar la modernización en el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A.

4.4.1 Equipos en la Recolección de Leche Cruda

Una vez localizados los nuevos posibles centros de acopio y establecidas las condiciones y capacidad en el capítulo anterior, se especifica los equipos con los que contarán estos nuevos centros de acopio, en la Tabla IV-8 se detalla de los materiales de análisis (laboratorio).

Tabla IV-8. Especificaciones de Equipos para Centros de Acopio

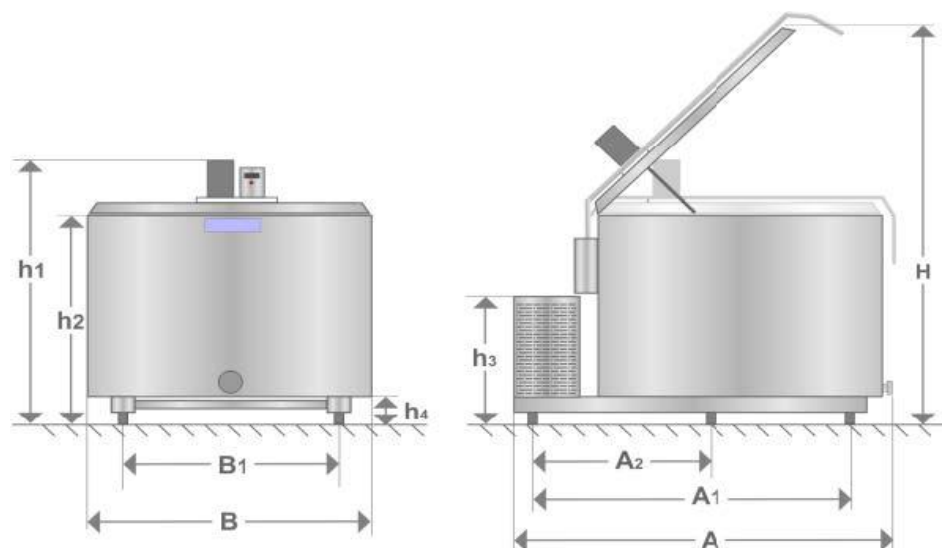
Equipos	Capacidad y/o Rango	Datos Adicionales
Balanza Digitales Electrónicas	Max. 150 kg Min. 1 kg Error 0.05 kg	Modelo: T31P OHAUS, USA Ítem: D31P150BX Plato de Acero Inoxidable
Lactómetro	Rango: 1.015 – 1.045 g/ml División: 0.01 g/ml	Material: Vidrio
Refractómetro de Leche	Rango: 0 – 10 % División: 0.1 %	Modelo: ORA 10BA Escala: °Brix
Pistola de Alcohol	Proporción: 1: 1 (leche: alcohol al 80%)	Marca: BIOTAL S.R.L, BOL Material: Acero Inoxidable
Termómetro	Rango: 0 – 100 °C División: 0.1 °C	Material: Vidrio Líquido interior: Alcohol

Fuente: Proveedores de PIL Tarija S.A., 2018.

Para el caso del tanque de enfriamiento, tomando referencia la Tabla III-29 de los nuevos centros de acopio, se especifica las características del equipo con las capacidades de 500, 800 y 1500 L. Estas capacidades son referentes de acuerdo al volumen de leche por día que proporcionará cada centro a la planta.

En la Tabla IV-9 se presenta los datos de dimensiones (expresados en mm) y en la Figura 4-4 imágenes del equipo para un mejor entendimiento de sus características dimensionales. Los datos fueron proporcionados con la empresa Milkplan.

Figura 4-4. Tanque de Enfriamiento de Leche



Fuente: Proveedor Milkplan, 2018.

Los modelos de todos los tanques son MPV Tipo Abiertos y para un número de ordeños igual a 2.

Tabla IV-9. Dimensiones de Tanques de Enfriamiento para Centros de Acopio

Equipo	A (mm)	A1 (mm)	B (mm)	B1 (mm)	H (mm)	h1 (mm)	h2 (mm)	h3 (mm)	h4 (mm)	H con Mango (mm)
500 L	1620	950	1090	670	1620	1190	965	685	180	1705
800 L	2140	1630	1290	925	1740	1265	1040	685	192	1985
1500 L	2350	1560	1495	1140	2200	1645	1300	818	192	2250

Fuente: Proveedor Milkplan, 2018.

El valor de “A2” es solamente para el tanque de 1500 L y su valor es 450 mm; en el Anexo 15 se puede apreciar un tanque de enfriamiento con características adicionales que distribuye el proveedor mencionado.

4.4.2 Equipos en el Transporte de Leche Cruda

Los equipos que requiere el transporte para una correcta manipulación y control de la calidad de la Leche desde el lugar de producción hasta la planta, se presentan en la Tabla IV-10.

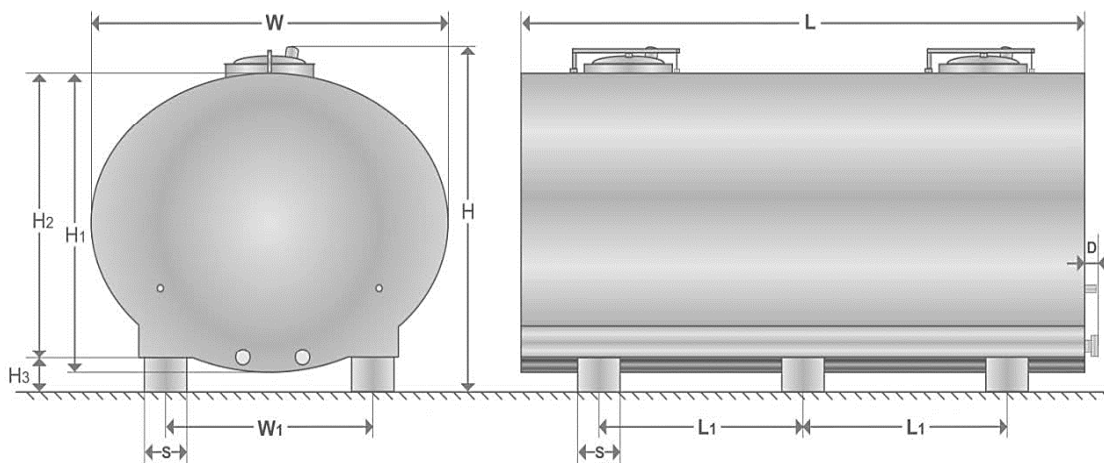
Tabla IV-10. Especificaciones de Equipos para Transporte de Leche

Equipos	Capacidad y/o Rango	Datos Adicionales
Bombas Centrifugas Sanitarias para Leche	Potencia: 1 HP, 0.75 kW Caudal: 60 L/min Voltaje: 220 V/50 Hz	Conexión: Monofásica Diámetro de Entrada: D.40 Diámetro de Salida: D.25 Diámetro Nominal: DN40

Fuente: Proveedor Milkplan, 2018.

El recipiente de recolección para el transporte se especifica a continuación en la Figura 4-5.

Figura 4-5. Tanque de Transporte de Leche



Fuente: Proveedor Milkplan, 2018.

Los modelos de los tanques para el transporte de leche proporcionados por el proveedor para una capacidad de 1000 L (TT 1000E), 2000 L (TT 2000E-2) y 3000 L (TT 3000E-2) donde los tanques de 2000 y 3000 L tienen dos compartimentos para un mejor transporte del producto; en la Tabla IV-11 se presenta las dimensiones de los tanques.

Tabla IV-11. Dimensiones de Tanques de Transporte de Leche

Equipo	W (mm)	W1 (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	H3 (mm)	H (mm)	L (mm)	L1 (mm)	Número de patas
1000 L	1320	760	1080	1030	140	1320	1250	800	4
2000 L	2100	760	1080	1030	140	1320	2400	825	6
3000 L	3160	760	1080	1030	140	1320	3560	1400	6

Fuente: Proveedor Milkplan, 2018.

Los valores de “D” y “S” para todos los tanques es $D = 100$ mm y $S = 151$ mm; en el Anexo 16 se presenta datos adicionales de estos tanques.

Se requiere mangueras sanitarias como material adicional, donde la longitud dependerá de los requerimientos de cada transporte. Es ideal que el transporte cuente con una pistola de alcohol para la determinación de la acidez antes de la recolección de la leche de cada lugar.

4.4.3 Equipos en la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda

Para la recepción y el almacenamiento de leche cruda en la planta, a diferencia del equipo de enfriamiento que fue diseñado donde sus características se muestran en la Tabla IV-12; se requiere equipos adicionales, entre ellos bombas centrífugas sanitarias para el transporte de la leche donde sus características de las mismas se presentan en la Tabla IV-13. Y los tanques de almacenamiento que la planta adaptará para este fin.

Tabla IV-12. Dimensión y Características del Equipo de Enfriamiento de Leche

Características	Valor	Unidad
Capacidad del Equipo (Entrada de leche)	10000	L/h
Área de transferencia de calor	16.17	m ²
Longitud de las placas	1.02	m
Ancho efectivo de las placas	0.278	m
Espesor de las placas	0.001	m
Separación entre placas	0.004	m
Número de placas	57	Placas
Número de canales	58	Canales
Número de pasos para la leche	1	Pasos
Número de pasos para el agua	5	Pasos
Diámetro hidráulico equivalente	0.002	m
Caída de presión para la leche	0.05	kgf/cm ²
Caída de presión para el agua	2.55	kgf/cm ²

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla IV-13. Equipo Adicional para la Recepción y Almacenamiento de Leche

Equipo	Capacidad de Operación	Zona de Requerimiento
Bomba Centrífuga Sanitaria	Potencia: 3 HP Caudal: 170 L/min Viscosidad Max: 200 cp Presión: 2 bar Temperatura Max: 120 °C	Sección de Enfriamiento

Fuente: Proveedores de PIL Tarija S.A., 2018

Las bombas centrífugas se utilizarán para bombear la leche desde la tina de recepción hasta el equipo de enfriamiento, y luego de que pase por el equipo de frío llevarla a

los tanques de almacenamiento para su estandarización y posterior distribución a los diferentes procesos de elaboración.

Las especificaciones de potencia y caudal de las mismas, los brindan la empresa distribuidora del equipo de frío, que recomienda trabajar con este tipo de bombas para el equipo mencionado, y que también son de las mismas especificaciones que las bombas actuales que tiene la empresa en el equipo de pasteurización.

Los tanques que serán destinados para el almacenamiento de leche cruda, como se mencionó, son tanques que la planta posee y los utilizará para que lleven a cabo esta función luego de que se produzca el enfriamiento de la leche recibida. Algunas de sus características se presentan a continuación.

Capacidad: (1) 15000 L y (3) 5000 L.

Sistemas: Agitación y lavado automático.

Material: Acero inoxidable Tipo AISI 316

Soporte: 4 patas, un tanque horizontal y tres verticales

4.4.4 Consumo de Energía

Los datos de consumo de energía de los equipos en el proceso de recepción de leche cruda llevado a cabo en la planta actualmente se presentan en la Tabla IV 14; estos son utilizados para realizar el costo operacional del proceso de recepción de leche cruda en PIL Tarija S.A en el siguiente capítulo.

Tabla IV-14. Consumo de Energía de Equipos actuales en la Recepción de Leche Cruda

Equipo	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de Operación (h)	Consumo Total (kW)
Bombas centrífugas sanitarias para leche	3	2.2	6	39.6
Pasteurizador	1	2	6	12
Bombas centrífuga para agua "A"	1	4	6	24
Bombas centrífuga para agua "B"	1	5.5	6	33
Equipos varios	10	--	6	80
TOTAL				188.6

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando PIL Tarija S.A

En equipos varios señalados en la Tabla IV-14, se hace referencia a equipos de iluminación, computadoras, entre otros que funcionan durante la recepción de leche cruda. Se hace referencia al pasteurizador porque el proceso de recepción es en línea, lo que ocasiona un mayor consumo de energía.

En la Tabla IV-15 se presenta el consumo de energía de los nuevos equipos que se implementará en la recepción y almacenamiento de leche cruda.

Tabla IV-15. Consumo de Energía de Equipos nuevos en la Recepción de Leche Cruda

Equipo	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de Operación (h)	Consumo Total (kW)
Bombas centrífugas sanitarias para leche	3	2.2	3	19.8
Enfriador de leche cruda	1	1.5	3	4.5
Bombas centrífuga para agua "A"	1	4	3	12
Bombas centrífuga para agua "B"	1	5.5	3	16.5
Equipos varios	10	--	3	50
TOTAL				102.8

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

De la Tabla IV-15 se toma el tiempo de operación de 3 horas, porque el equipo enfriará la leche recibida en dicho periodo de tiempo, luego será almacenada durante este periodo de tiempo (3 h) o menor, y posteriormente estandarizada y sometida al proceso de pasteurización.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 INVERSIÓN DEL PROYECTO

5.1.1 Estructura de la Inversión

La inversión del proyecto de Modernización en el Sistema Integrado de Recolección, Transporte, Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda en PIL Tarija S.A se destina a dos fines. El primero a los bienes fijos o activos tangibles (maquinarias y equipos) y bienes diferidos o activos intangibles (instalación y puesta en marcha de las maquinarias y equipos). El segundo es el capital de operación de los mismos, sobre todo en la recepción de leche cruda en PIL Tarija S.A.

5.1.2 Detalle de las Inversiones

En cuanto al detalle de la inversión, se toma en cuenta las cotizaciones realizadas de los equipos a utilizar en el presente proyecto. Solo se estima los costos de los equipos necesarios para implementar el proyecto de modernización en el sistema integrado.

Hay que señalar que la planta PIL Tarija S.A solamente realiza la inversión para la recepción y almacenamiento de leche cruda; en la recolección y transporte la inversión son efectuados por los productores de las diferentes zonas, aunque la planta puede ayudar a realizar gestiones para la adquisición del equipamiento necesario. Es por ello que en este capítulo se presenta los detalles de los costos fijos de los equipamientos para los centros de acopio y para el transporte; de esta manera los productores, tienen conocimiento de lo que deben invertir cuando quieran implementar estas propuestas de mejoras.

Los equipos que se requieren para la implementación de los nuevos centros de acopio son:

- Tanque de enfriamiento de leche
- Balanza digital electrónica

- Pistola de alcohol
- Refractómetro para leche
- Paleta de análisis (prueba de mastitis)
- Reactivos (alcohol y reactivo de california)

Para el caso del transporte los equipos requeridos son:

- Tanque Isotérmico de acero inoxidable tipo AISI 304 con sistema aislante
- Bombas centrífugas sanitarias
- Manguera sanitaria de goma siliconada

En la recepción y almacenamiento de la leche cruda en la planta, los equipos que se tiene son:

- Tanque de almacenamiento (recientemente adquiridos, pero no instalados)
- Balanza de pesado
- Tina de recepción
- Mangueras sanitarias de goma siliconada

Los equipos que se debe implementar en la recepción y almacenamiento de leche cruda son los siguientes:

- Enfriador de leche a placas
- Bombas centrífugas sanitarias

5.1.3 Inversión en Activos Fijos

“Este tipo de inversión se caracteriza por su materialidad y está sujeta en su mayor parte a la depreciación de los mismos. Es llamado activos fijos porque el proyecto no puede desprenderse fácilmente de estos, sin que sean un perjuicio a las actividades productivas” (Paredes, R., 1994).

5.1.3.1 Equipos

“Incluye el valor monetario de los bienes mencionados anteriormente para la ejecución del proyecto. Esta parte de la inversión representa el costo de la tecnología utilizada para la ejecución del proyecto” (Aguilera, A., 2013).

En las siguientes Tablas se menciona los costos de los equipos a implementar para los nuevos centros de acopio.

Tabla V-1. Costos de Equipos para Lugares sin Centros de Acopio

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Lactómetro	1	pza.	130	130
Termómetro	1	pza.	40	40
Pistola de alcohol	1	pza.	1500	1500
Refractómetro para leche	1	pza.	1250	1250
Probeta	1	pza.	40	40
Paleta de análisis	1	pza.	40	40
TOTAL				3000

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando empresas proveedoras.

De la Tabla V-1 los equipos mencionados son específicamente para las zonas: Cabildo, Mollar, Juntas, San José de Charaja (G. 1), San Lorenzo, Tarija Cancha Norte y Colón Norte que son lugares que no reúnen las condiciones para implementar un nuevo centro de acopio.

En la Tabla V-2 se presenta los equipos para los nuevos centros de acopio, donde a los costos presentados en la Tabla V-1 se toma como material de laboratorio.

Tabla V-2. Costos de Equipos para Lugares con Nuevos Centros de Acopio

Zonas: Padcaya, San José de Charaja (G. 2), San Antonio de Chocloca (G. 2)				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Tanque de enfriamiento (500 L)	1	pza.	17512	17510
Balanza electrónica	1	pza.	6950	6950
Material de laboratorio	6	pza.	-	3000
TOTAL				27460
Zonas: Rosillas, Abra San Miguel (G. 2), Cañas y San Antonio de Chocloca (G. 1)				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Tanque de enfriamiento (800 L)	1	pza.	23222	23222
Balanza electrónica	1	pza.	6950	6950
Material de laboratorio	6	pza.	-	3000
TOTAL				33172
Zonas: Abra San Miguel (G. 1)				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Tanque de enfriamiento (1500 L)	1	pza.	30000	30000
Balanza electrónica	1	pza.	6950	6950
Material de laboratorio	6	pza.	-	3000
TOTAL				39950

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando empresas proveedoras.

Hay que señalar que estos datos sirven para aquellos centros de acopio existentes, que deseen realizar un cambio a sus equipos por otros nuevos.

En la Tabla V-3, se menciona los costos de los equipos a implementar para cada transporte de leche cruda.

Tabla V-3. Costos de Equipos para Transporte de Leche Cruda

Cisterna 7				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Tanque isotérmico (1000 L)	1	pza.	14200	14200
Bomba centrífuga sanitaria	1	pza.	2930	2930
Manguera sanitaria	10	m	100	1000
Pistola de alcohol	1	pza.	1500	1500
TOTAL				19630
Cisterna 3 y Cisterna 4				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Tanque isotérmico (2000 L)	1	pza.	25220	25220
Bomba centrífuga sanitaria	1	pza.	2930	2930
Manguera sanitaria	10	m	100	1000
Pistola de alcohol	1	pza.	1500	1500
TOTAL				30650
Cisterna 1, Cisterna 5, Cisterna 6 y Cisterna 8				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Tanque isotérmico (3000 L)	1	pza.	29550	29550
Bomba centrífuga sanitaria	1	pza.	2930	2930
Manguera sanitaria	10	m	100	1000
Pistola de alcohol	1	pza.	1500	1500
TOTAL				34980

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando empresas proveedoras.

Los lugares de recolección de cada cisterna, se observa en la Tabla III-30 presentada anteriormente.

Para el proceso de recepción y almacenamiento de leche cruda en la planta PIL Tarija S.A los costos de los equipos se presentan en la Tabla V-4.

Tabla V-4. Costos de Equipos para la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Enfriador de leche a placas	1	pza.	62936	62936
Bomba centrífuga sanitaria	3	pza.	29858	89574
Accesorios adicionales	15	pza.	-	13880
TOTAL				166390

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando empresas proveedoras.

En la Tabla V-4 se detalla el costo de los equipos que debe adquirir la planta PIL Tarija S.A para el presente proyecto de modernización.

5.1.3.1 Reactivos

Entre los reactivos a usar en el presente proyecto, se encuentran el Alcohol (96%) y Reactivo de California que es usado para la detección de mastitis; los mismos se detallan en la Tabla V-5.

Tabla V-5. Costos de Reactivos

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Alcohol (96%)	30	L/mes	6	180
Reactivo de California	2	L/mes	85	170
TOTAL				350

Fuente: PIL Tarija S.A, 2018.

Los datos presentados en la tabla anterior de los reactivos son para un mes, y el costo para un año es igual a 4200 Bs. Estos reactivos serán usados en cada parte del sistema integrado.

5.1.4 Inversión en Activos Diferidos

“Hace referencia a los bienes necesarios para el funcionamiento del proyecto, por ejemplo, el montaje e instalación de los equipos, generalmente la inversión de estos activos es anticipada” (Agro Proyectos, 2013).

Los costos de montaje e instalación de los equipos descritos anteriormente se presentan en la Tabla V-6.

Tabla V-6. Costos de Montaje e Instalación de Equipos

Descripción	Costo Total (Bs)
Centros de Acopio	
Capacidad de 500 L	9000
Capacidad de 800 L	10000
Capacidad de 1500 L	12000
Transporte de Leche	
Equipos de 1000 L	15000
Equipos de 2000 L	16000
Equipos de 3000 L	18000
Recepción y Almacenamiento de leche cruda	
Equipo de Enfriamiento y Almacenamiento de leche cruda	40000

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando personal de PIL Tarija S.A.

De la Tabla anterior, dentro de los costos de instalación, se toma en cuenta el costo de transporte para el traslado de los equipos y los costos de accesorios adicionales para el montaje e instalación de los equipos.

5.2 COSTOS DE INVERSIÓN

Dentro de los costos de inversión se toma en cuenta la inversión fija y la inversión diferida. Los costos de inversión para cada parte del sistema integrado se presentan en las siguientes tablas.

Tabla V-7. Costos de Inversión en los Centros de Acopio

N°	DETALLE	VALOR (Bs)
1	Inversión Fija (a + b)	31660
	a) Equipos	27460
	Tanque de enfriamiento (500 L)	17510
	Balanza electrónica	6950
	Material de laboratorio	3000
	b) Reactivos	4200
	Alcohol (96%)	2160
	Reactivo de California	2040
2	Inversión Diferida	9000
	Montaje e Instalación de Equipos	9000
Inversión Total Requerida (1 + 2)		40660
N°	DETALLE	VALOR (Bs)
1	Inversión Fija (a + b)	37372
	a) Equipos	33172
	Tanque de enfriamiento (800 L)	23222
	Balanza electrónica	6950
	Material de laboratorio	3000
	b) Reactivos	4200
	Alcohol (96%)	2160
	Reactivo de California	2040
2	Inversión Diferida	10000
	Montaje e Instalación de Equipos	10000
Inversión Total Requerida (1 + 2)		47372
N°	DETALLE	VALOR (Bs)
1	Inversión Fija (a + b)	44150
	a) Equipos	39950
	Tanque de enfriamiento (1500 L)	30000
	Balanza electrónica	6950
	Material de laboratorio	3000
	b) Reactivos	4200
	Alcohol (96%)	2160
	Reactivo de California	2040
2	Inversión Diferida	12000
	Montaje e Instalación de Equipos	12000
Inversión Total Requerida (1 + 2)		56150

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla V-8. Costos de Inversión en el Transporte de Leche Cruda

Nº	DETALLE	VALOR (Bs)
1	Inversión Fija (a + b)	21790
	a) Equipos	19630
	Tanque isotérmico (1000 L)	14200
	Bomba centrífuga sanitaria	2930
	Manguera sanitaria	1000
	Pistola de alcohol	1500
	b) Reactivos	2160
	Alcohol (96%)	2160
2	Inversión Diferida	15000
	Montaje e Instalación de Equipos	15000
Inversión Total Requerida (1 + 2)		36790
Nº	DETALLE	VALOR (Bs)
1	Inversión Fija (a + b)	32810
	a) Equipos	30650
	Tanque isotérmico (2000 L)	25220
	Bomba centrífuga sanitaria	2930
	Manguera sanitaria	1000
	Pistola de alcohol	1500
	b) Reactivos	2160
	Alcohol (96%)	2160
2	Inversión Diferida	16000
	Montaje e Instalación de Equipos	16000
Inversión Total Requerida (1 + 2)		48810
Nº	DETALLE	VALOR (Bs)
1	Inversión Fija (a + b)	37140
	a) Equipos	34980
	Tanque isotérmico (3000 L)	29550
	Bomba centrífuga sanitaria	2930
	Manguera sanitaria	1000
	Pistola de alcohol	1500
	b) Reactivos	2160
	Alcohol (96%)	2160
2	Inversión Diferida	18000
	Montaje e Instalación de Equipos	18000
Inversión Total Requerida (1 + 2)		55140

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla V-9. Costos de Inversión en la Recepción y Almacenamiento de Leche Cruda

Nº	DETALLE	VALOR (Bs)
1	Inversión Fija (a + b)	170590
	a) Equipos	166390
	Enfriador de leche a placas	62936
	Bomba centrífuga sanitaria	89574
	Accesorios adicionales	13880
	b) Reactivos	4200
	Alcohol (96%)	2160
	Reactivo de California	2040
2	Inversión Diferida	40000
	Montaje e Instalación de Equipos	40000
Inversión Total Requerida (1 + 2)		210590

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En las Tablas V-7, V-8 y V-9 se presenta los costos de inversión que deberán realizar los productores y la planta PIL Tarija S.A para poder modernizar el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda; de esta manera se logra el control de la calidad de la leche.

5.3 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

En la realización del análisis de rentabilidad se toma en cuenta el costo operativo en el proceso de recepción y almacenamiento de leche cruda realizado en la planta PIL Tarija S.A; el caso de la recolección y transporte de leche cruda puede ser tema de estudios posteriores, también las alternativas para ambos casos son basadas en las normas vigentes, lo que quiere decir que los productores deben tratar de adecuarse a estas.

Para efectuar el análisis de rentabilidad, se toma en cuenta lo siguiente:

- Energía eléctrica
- Agua
- Combustible (Gas natural)

- Obreros
- Mano de Obra

Se toma como base de cálculo un día de operación en el proceso de recepción y almacenamiento de leche cruda; en la Tabla V-10 se presenta los costos operativos del proceso de recepción y almacenamiento de leche realizado actualmente. Se toma en cuenta los datos de las Tablas IV-14 y IV-15 del capítulo anterior.

Tabla V-10. Costos Operativos Actuales en la Recepción de Leche Cruda

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
(a) Servicios Básicos				1030.13
Energía eléctrica	188.6	kW	1.05	198.03
Agua	130	m ³	4.97	647.1
Combustible	500	m ³	0.37	185
(b) Mano de Obra				1690
Recepcionista	1	Persona	360	360
Operador de Procesos	1	Persona	400	400
Obreros	2	Persona	330	660
Personal de mantenimiento	1	Persona	270	270
(c) Aportes Patronales y Provisionales				564
(b*33.37%)	--	--	--	564
TOTAL (a + b + c)				3284.13

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando PIL Tarija S.A

De la tabla anterior, se observa que la planta actualmente gasta 3284.13 Bs para la recepción de leche cruda. El combustible hace referencia al gas natural utilizado para la producción de vapor, que se utiliza en el pasteurizador.

En la Tabla V-11 se presenta los costos operativos que tendrá la empresa al implementar el proyecto de modernización.

Tabla V-11. Costos Operativos con el Proyecto en la Recepción de Leche Cruda

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
(a) Servicios Básicos				756.25
Energía eléctrica	102.8	kW	1.05	107.94
Agua	123	m ³	4.97	611.31
Combustible	100	m ³	0.37	37
(b) Mano de Obra				1360
Recepcionista	1	Persona	360	360
Operador de Procesos	1	Persona	400	400
Obreros	1	Persona	330	330
Personal de mantenimiento	1	Persona	270	270
(c) Aportes Patronales y Provisionales				454
(b*33.37%)	--	--	--	454
TOTAL (a + b + c)				2570.25

Fuente: Elaboración Propia, 2018. Consultando PIL Tarija S.A

Con los datos presentados en la Tabla V-10 y V-11, se realiza una comparación que se presenta en la Tabla V-12.

Tabla V-12. Comparación de Costos Operativos en la Recepción de Leche Cruda Actual y Con Proyecto

Descripción	Recepción Actual	Recepción con Proyecto
Servicios Básicos	Requiere un mayor consumo de energía, agua y combustible, debido al tiempo de funcionamiento de los equipos.	El consumo es menor; a diferencia de la recepción actual el equipo de pasteurización no requiere su funcionamiento desde el inicio de la recepción.
Mano de Obra	Requiere más obreros y por más tiempo, cumpliendo casi en su totalidad el horario de trabajo.	Requiere menos obreros, y el tiempo de trabajo en la recepción será de 3 horas, lo cual permite que puedan cubrir otras áreas de procesos diferentes.
Tiempo de Recepción	El tiempo de recepción tarda alrededor de 6 horas, donde se forman tiempos muertos o cuellos de botella.	El tiempo de recepción será de 3 horas, donde la probabilidad de que existan tiempos muertos es mínima.
Costos de Operación	Actualmente se requiere de 3284.13 Bs para la recepción de leche cruda.	Su costo será de 2570.25 Bs, logrando un ahorro de 3 horas de trabajo y 713.88 Bs.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Como se observa, con el proyecto, la planta tendrá menor costo de operación; este costo le sirve a la empresa para poder decidir si lo implementa el proyecto o no.

5.3.1 Cálculo del Periodo de Recuperación de Inversión del Proyecto

El Periodo de Recuperación de Inversión (PRI) es un evaluador que permite determinar el tiempo que tarda el proyecto en pagar su implementación y empezar a generar ganancias para la planta. El cálculo del PRI se realiza con la Ec. 5-1.

$$\text{PRI} = \frac{I_0}{F} \quad (\text{Ec. 5-1})$$

Donde: I_0 representa la inversión realizada del proyecto, F se refiere al valor de flujo generado.

Tomando en cuenta los datos de inversión de la planta para el proceso de recepción presentado en la Tabla V-9, y como dato de flujo generado se toma en cuenta el ahorro que tendrá la empresa al implementar el proyecto, cuyo valor es 713.88 Bs/día el cual se llevará a un valor anual.

$$F = 713.88 \frac{\text{Bs}}{\text{día}} * 25 \frac{\text{día}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 214164 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

Con el valor calculado de “F” se reemplaza en la Ec. 5-1 teniendo como resultado lo siguiente.

$$\text{PRI} = \frac{210590 \text{ Bs}}{214164 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}}$$

$$\text{PRI} = 0.98 \text{ años} = 11 \text{ meses y } 19 \text{ días}$$

Con el valor obtenido del PRI, se llega a la conclusión de que la planta en un año aproximadamente recupera la inversión realizada y desde ese momento empezará a generar ganancias con el proyecto a implementar.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Al concluir con el presente proyecto de grado, se llega a las siguientes conclusiones:

- Se comprueba la deficiencia que presenta el sistema integrado de recolección, transporte, recepción y almacenamiento de leche cruda en PIL Tarija S.A, y con este trabajo se logrará una mejora gracias a la modernización que se plantea.
- Actualmente la leche cruda que recibe la planta, está en lo justo con los parámetros recomendados por las normas, por eso requiere un mejor control desde el lugar de producción hasta la planta procesadora.
- Los puntos críticos identificados en el sistema son de origen Físico, Químico y Biológico, siendo los más significativos los Químicos (residuos de antibióticos) y Biológicos (contaminación microbiana). Puede realizarse nuevos estudios referentes a la creación de un plan HACCP para poder lograr el control de estos puntos críticos.
- Las alternativas evaluadas y elegidas están respaldadas con las normas NB 33013 y NB 33015 y con trabajos relacionados de esta área alimenticia, como también por la FAO (Organización de Alimentos y Agricultura). Se analizó alternativas que no produzcan riesgos durante la elaboración de los derivados lácteos como también al consumidor en general.
- El diseño del equipo para enfriar la leche cruda que recibe la planta PIL Tarija S.A presenta una eficiencia del 90 % lo que significa que va a cumplir su cometido de manera satisfactoria. Las especificaciones de los equipos para los centros de acopio y transporte son de proveedores garantizados que cumplen con lo establecido por las normas vigentes.
- Con el análisis de rentabilidad realizado, la planta al implementar este proyecto de modernización tendrá menor costo operacional en su proceso de recepción de leche cruda, teniendo ahorros económicos y sobre todo en cuanto a tiempos de

trabajo. También logrará recuperar su inversión en un tiempo estimado de un año, y desde ese entonces empezará a generar ganancias.

- Los productores de las diferentes zonas serán beneficiados, generando recursos económicos y evitando pérdidas ocasionadas por leche rechaza debido a una falta de capacitación en el manejo de la leche en cuanto a inocuidad alimentaria.

6.2 RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones que se puede realizar, están las siguientes:

- Los productores y la planta PIL Tarija S.A deben implementar este proyecto a la brevedad posible, para empezar con el control adecuado de la leche cruda, porque el mismo está enfocado a lo que establece el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) en cuanto a calidad e inocuidad de la leche cruda.
- Los costos de inversión en la implementación de centros de acopio si bien son elevados, pueden realizarse gestiones para que estos sean menores, entre ellos, el fondo productivo llamado PROSOL, fondo PROLECHE, etc.
- Es necesario que se realicen nuevos estudios y un seguimiento continuo al sistema integrado para poder corroborar si se está cumpliendo con lo establecido en las normas vigentes, y que los puntos críticos encontrados en el sistema integrado, sean controlados y permanezcan dentro de los límites permitidos.
- La planta PIL Tarija S.A debe tener mejoras en todos sus procesos de manera continua, no solo en lo tecnológicos, sino en las Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM) cumpliendo con las normas y estándares de calidad. Los equipos utilizados en las diferentes salas de proceso de la planta deben tener un mantenimiento continuo, sobre todo en la recepción de la leche cruda para evitar percances futuros.
- Implementar la ISO 9000 para que la planta PIL Tarija S.A tenga un Sistema de Gestión de Calidad, sobre todo referido a registros de las actividades diarias de producción y control de la calidad de la materia prima (leche cruda), en los procesos de elaboración de productos, y productos terminados.