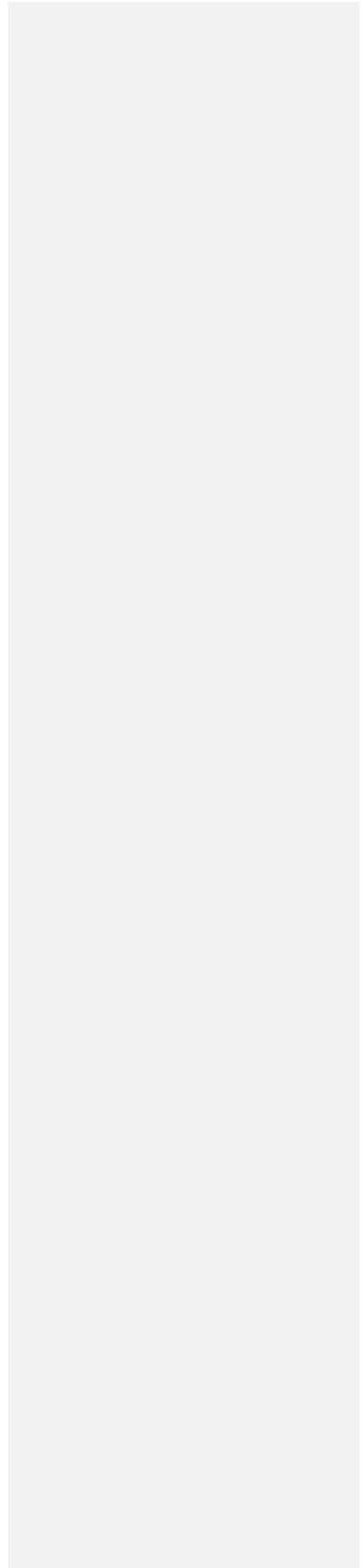


CAPITULO I



MARCO REFERENCIAL

1.1. AGUA.-

El agua es un compuesto simple, sin embargo es una sustancia de características tan excepcionales y únicas que sin ella sería imposible la vida. El hombre tiene necesidad de agua para realizar sus funciones vitales, para preparar y cocinar los alimentos, para la higiene y los usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para las centrales de energía: en una palabra, para vivir. El agua es en el hombre, el líquido en el que se produce el proceso de la vida y, de hecho, la supervivencia de las células depende de su capacidad para mantener el volumen celular y la homeostasia. Es fundamental para prácticamente todas las funciones del organismo y es también su componente más abundante. Sin embargo, aunque dependemos de ella, nuestro organismo no es capaz de sintetizarla en cantidades suficientes ni de almacenarla, por lo que debe ingerirse regularmente. Por ello, el agua es un verdadero nutriente que debe formar parte de la dieta en cantidades mucho mayores que las de cualquier otro nutriente. Existen organismos capaces de vivir sin luz, incluso sin oxígeno, pero ninguno puede vivir sin agua.

1.1.1. Propiedades fisicoquímicas del agua.-

El agua es uno de los elementos más importantes desde el punto de vista fisicoquímico, hasta tal punto que sus temperaturas de transformación de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos, a pesar de que su punto de congelación y ebullición sean anormales, debido a las asociaciones moleculares. A temperatura ambiente, el agua pura es inodora, insípida e incolora, aunque adquiere una leve tonalidad azul en grandes volúmenes.

Henry Cavendish descubrió en 1781 que el agua es una sustancia compuesta y no un elemento. Estos resultados fueron anunciados por Antoine - Laurent de Lavoisier (1743 – 1794) en la Academia Francesa en 1783, dando a conocer que el agua estaba formada por oxígeno e hidrógeno. En 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac (1778 – 1794) y el naturalista y geógrafo alemán Alexander von Humboldt (1769 – 1859) publicaron un documento científico que demostraba que el agua estaba formada por dos volúmenes de hidrógeno por cada volumen de oxígeno (H₂O). Entre

las moléculas de agua se establecen enlaces por puentes de hidrógeno debido a la formación de dipolos electrostáticos que se originan al situarse un átomo de hidrógeno entre dos átomos más electronegativos, en este caso de oxígeno. El oxígeno, al ser más electronegativo que el hidrógeno, atrae más los electrones compartidos en los enlaces covalentes con el hidrógeno, cargándose negativamente, mientras los átomos de hidrógeno se cargan positivamente, estableciéndose así dipolos eléctricos. Los enlaces por puentes de hidrógeno son enlaces por fuerzas de van der Waals de gran magnitud, aunque son unas 20 veces más débiles que los enlaces covalentes. Los enlaces por puentes de hidrógeno entre las moléculas del agua pura son responsables de la dilatación del agua al solidificarse, es decir, su disminución de densidad cuando se congela.

En estado sólido, las moléculas de agua se ordenan formando tetraedros, situándose en el centro de cada tetraedro un átomo de oxígeno y en los vértices dos átomos de hidrógeno de la misma molécula y otros dos átomos de hidrógeno de otras moléculas que se enlazan electrostáticamente por puentes de hidrógeno con el átomo de oxígeno. El hielo representa seis formas alotrópicas, en las que una sola, el hielo ordinario, es más ligero que el agua sólida. Esta estructura cristalina es muy abierta y poco compacta, menos densa que en estado líquido. El agua tiene una densidad máxima de 1 g/cm^3 cuando está a una temperatura de $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$, característica especialmente importante en la naturaleza que hace posible el mantenimiento de la vida en medios acuáticos sometidos a condiciones exteriores de bajas temperaturas. La dilatación del agua al solidificarse también tiene efectos importantes en los procesos geológicos de erosión. Al introducirse agua en grietas del suelo y congelarse posteriormente, se originan tensiones que rompen las rocas.

1.1.1.1. Densidad.-

La densidad del agua líquida es altamente estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A presión normal de 1 atmósfera, el agua líquida tiene una mínima densidad a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, cuyo valor aproximado es $0,958 \text{ Kg/l}$. Mientras baja la temperatura va aumentando la densidad de manera constante hasta llegar a los $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ donde alcanza una densidad de 1 Kg/l . Esta temperatura representa un punto de inflexión y es cuando alcanza su máxima densidad a presión normal. A partir de este punto, al bajar la temperatura, disminuye la densidad aunque muy lentamente hasta que a los $0 \text{ }^\circ\text{C}$ alcanza $0,9999 \text{ Kg/l}$. Cuando pasa al estado sólido ocurre una brusca disminución de la densidad, pasando a $0,917 \text{ Kg/l}$. Por tanto, la viscosidad, contrariamente a lo que pasa con otros líquidos, disminuye cuando aumenta la

presión. Como consecuencia, el agua se expande al solidificarse. En la siguiente imagen vemos el diagrama de fases del agua.

Figura I- 1

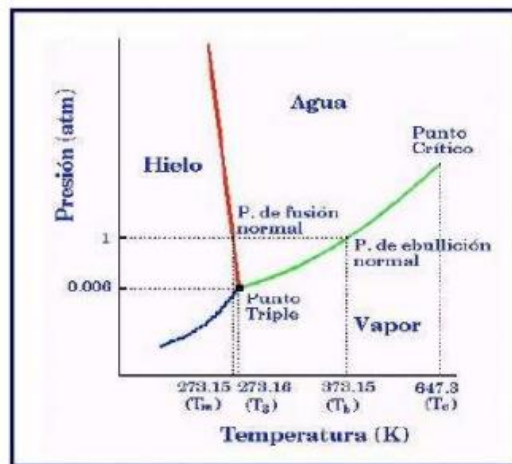


Figura 1. Diagrama de fases del agua.

1.1.1.2 Disolvente.-

El agua es un disolvente polar. Como tal, disuelve bien sustancias iónicas y polares; no disuelve apreciablemente sustancias fuertemente apolares, como el azufre en la mayoría de sus formas, y es inmisible con disolventes apolares, como el hexano. Esta propiedad es de gran importancia para la vida.

La propiedad de ser considerada casi el disolvente universal por excelencia se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias que pueden presentar grupos polares, o con carga iónica, como alcoholes, azúcares con grupos R-OH, aminoácidos y proteínas con grupos que presentan cargas + y -, dando lugar a disoluciones moleculares. También las moléculas de agua pueden disolver sustancias salinas que se disocian formando disoluciones iónicas. En las disoluciones iónicas, los iones de las sales son atraídos por los dipolos del agua, quedando “atrapados” y recubiertos de moléculas de agua en forma de iones hidratados o solvatados.

Algunas sustancias, sin embargo, no se mezclan bien con el agua, incluyendo aceites y otras sustancias hidrofóbicas. Membranas celulares compuestas de lípidos y proteínas, aprovechan de esta propiedad para controlar las interacciones entre sus contenidos químicos y los externos. Esto se facilita en parte por la tensión superficial del agua. La capacidad disolvente es responsable de las funciones metabólicas, ya que en los seres vivos, existe una corriente de agua que pasa a través del cuerpo y que constituye el medio imprescindible para realizar las operaciones organobiológicas y transportar las sustancias de los organismos.

1.1.1.3. Polaridad.-

La molécula de agua es muy dipolar. Los núcleos de oxígeno son muchos más electronegativos (atraen más los electrones) que los de hidrógeno, lo que dota a los dos enlaces de una fuerte polaridad eléctrica, con un exceso de carga negativa del lado del oxígeno, y de carga positiva del lado de los hidrógenos.

Los dos enlaces no están opuestos, sino que forman un ángulo de $104,45^\circ$ debido a la hibridación sp^3 del átomo de oxígeno, así que en conjunto los tres átomos forman con un triángulo, cargado negativamente en el vértice formado por el oxígeno, y positivamente en el lado opuesto, el de los hidrógenos. Este hecho es de gran importancia, ya que permite que tengan lugar los enlaces o puentes de hidrógeno mediante el cual las moléculas de agua se atraen fuertemente, adhiriéndose por donde son opuestas las cargas. El hecho de que las moléculas de agua se adhieran electrostáticamente, a su vez, modifica muchas propiedades importantes de la sustancia que llamamos agua, como la viscosidad dinámica, que es muy grande, las temperaturas de fusión y ebullición o los calores de fusión y vaporización, que se asemejan a los de sustancias de mayor masa molecular.

Figura I- 2

Momento dipolar

1.1.1.4. Cohesión.-

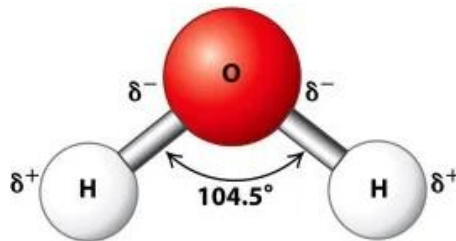
La cohesión es la propiedad con la que las moléculas de agua se atraen a sí mismas, por lo que se forman cuerpos de agua adherida a sí misma, las gotas. Los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas de agua unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. Estos puentes se pueden romper fácilmente con la llegada de otra molécula con un polo negativo o positivo dependiendo de la molécula, o con el calor.

1.1.1.5. Adhesión

El agua, por su gran potencial de polaridad, cuenta con la propiedad de la adhesión, es decir, el agua generalmente es atraída y se mantiene adherida a otras superficies, lo que se conoce comúnmente como “mojar”. Esta fuerza está también en relación con los puentes de hidrógeno que se establecen entre las moléculas de agua y otras moléculas polares y es responsable, junto con la cohesión, del llamado fenómeno de la capilaridad.

1.1.1.6. Capilaridad.-

El agua cuenta con la propiedad de la capilaridad, que es la propiedad de ascenso, o descenso de un líquido dentro de un tubo capilar. Esto se debe a sus propiedades de adhesión y cohesión. Cuando se introduce un capilar en un recipiente con agua, ésta asciende por el capilar como si trepase “agarrándose” por las paredes, hasta alcanzar un nivel superior al del recipiente, donde la presión que ejerce la columna de agua se equilibra con la presión capilar.



1.1.1.7. Tensión superficial.-

Por su misma propiedad de cohesión, el agua tiene una gran atracción entre las moléculas de su superficie, creando tensión superficial. La superficie del líquido se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo tiempo ofrecer cierta resistencia al intentar romperla; esta propiedad contribuye a que algunos objetos muy ligeros floten en la superficie del agua.

Las gotas de agua son estables también debido a su alta tensión superficial. Esto se puede ver cuando pequeñas cantidades de agua se ponen en superficies no solubles, como el vidrio, donde el agua se agrupa en forma de gotas.

1.1.1.8. Calor específico.-

También esta propiedad está en relación con los puentes de hidrógeno que se crean entre las moléculas de agua. El agua puede absorber grandes cantidades de calor que utiliza para romper los puentes de hidrógeno, por lo que la temperatura se eleva muy lentamente. El calor específico del agua es de $1 \text{ cal/}^\circ\text{C g}$. Esta propiedad es fundamental para los seres vivos, ya que gracias a esto, el agua reduce los cambios bruscos de temperatura, siendo un regulador térmico muy bueno. También ayuda a regular la temperatura de los animales y las células permitiendo que el citoplasma acuoso sirva de protección ante los cambios de temperatura.

Así se mantiene la temperatura constante. La capacidad calorífica del agua es mayor que la de otros líquidos. Para evaporar el agua se necesita mucha energía. Primero hay que romper los puentes y posteriormente dotar a las moléculas de agua de la suficiente energía cinética para pasar de la fase líquida a la gaseosa. Para evaporar un gramo de agua se precisan 540 calorías, a una temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.1.1.9. Temperatura de fusión y evaporación.-

Presenta su punto de ebullición de $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ($373,15 \text{ K}$) a presión de una atmósfera. El calor latente de evaporación del agua a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ es 540 cal/g (2260 J/g) Tiene un punto de fusión de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ($273,15 \text{ K}$) a presión de una atmósfera. El calor latente de fusión del hielo a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ es de 80 cal/g (335 J/g). Tiene un estado de sobre enfriado líquido a $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ La temperatura crítica del agua (es decir aquella a partir de la cual no puede estar en estado líquido independientemente de la presión a la que esté sometida) es de $374 \text{ }^\circ\text{C}$ y se corresponde con una presión de $217,5$ atmósferas.

1.1.1.10. Conductividad

La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura. De los muchos factores que afectan el comportamiento de los iones en solución, las atracciones y repulsiones eléctricas entre iones y la agitación térmica, son quizá los más importantes.

Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicas son relativamente buenos conductores de la corriente eléctrica. Inversamente, las soluciones acuosas de solutos orgánicos, que no se disocian o que se disocian muy poco en el agua, poseen conductividades eléctricas muy bajas o similares a las del agua pura.

En la mayoría de soluciones acuosas, cuanto mayor es la concentración de sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica. Este efecto continúa hasta el punto de saturación de la sal o hasta que la solución se halla tan concentrada en iones que la restricción del movimiento, causada por un aumento posterior en la concentración, disminuye la conductividad eléctrica del sistema. Puesto que a mayor temperatura, menor viscosidad, y a menor viscosidad, mayor libertad de movimiento, la temperatura también tiene una marcada influencia sobre la conductividad eléctrica de un sistema acuoso.

Si bien el incremento de la conductividad eléctrica con la temperatura puede variar de un ión a otro, en general, se acepta que ésta aumenta en promedio un 3% por cada grado centígrado que aumente la temperatura.

1.1.2. Clasificación.-

A principios del siglo XIX empezó a hacerse notar la polución y la contaminación acuática, como consecuencia del desarrollo de la población mundial, ya que empezaron a incrementarse las concentraciones urbanas y en desarrollo industrial. El agua que se encuentra en la naturaleza ha ido adquiriendo, a lo largo de su ciclo hidrológico y como consecuencia de la actividad humana, diversas sustancias que definen sus características, y por tanto, sus posibles usos.

Las diferentes sustancias que puede contener un agua pueden ser orgánicas o biodegradables e inorgánicas o biorresistentes, y pueden encontrarse en las mismas disueltas (solubles) o en suspensión (insolubles).

Podemos clasificar las aguas residuales de diversas maneras. En este caso lo haremos en función de su origen, que lleva inherente una relativa clasificación de composición.

1.1.2.1. Aguas Residuales Urbanas.-

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana, como consecuencia de las actividades propias de estos. Los aportes que generan esta agua son:

- **Aguas negras, fecales o aguas sanitarias**
Son las aguas mezcladas con las exoneraciones corporales. Es el agua que una vez utilizada por el hombre ha quedado polucionada. Es una combinación de las aguas procedentes de los retretes de las viviendas, de los centros comerciales, etc.
- **Aguas de lavado doméstico**
Son las llamadas aguas grises, que según el Diccionario Técnico del Agua son “las procedentes de los usos domésticos antes de mezclarse con las aguas fecales. Proceden del lavado de ropa, limpieza de la casa, desperdicios de comida, etc.” Contienen materia en suspensión formadas por tierra, arena y diversas materias insolubles, materia orgánica, grasas, detergentes y sales diversas.
- **Aguas de drenaje de calles.**
Estas aguas presentan, en general, un volumen muy pequeño, y su contaminación depende de las condiciones locales.
- **Agua de lluvia y lixiviados.**
Es el agua que cae de las nubes en forma líquida o sólida. Es un agua que nunca es pura. Contiene disueltos distintos gases, además de determinados iones que se encuentran en la atmósfera en forma de polvo y que son resultado o consecuencia de diversos fenómenos que en ella se producen. Esto es, particularmente notable, en las zonas industriales y en las grandes aglomeraciones urbanas, en la que la atmósfera que los rodea está extraordinariamente polucionada.

Las aguas residuales urbanas presentan cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos, es decir, su composición varía muy poco de unas poblaciones a otras, tanto cuantitativa como cualitativamente.

Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

1.1.2.2. Aguas Residuales Industriales..-

Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice agua. Presentan características muy distintas de las aguas residuales urbanas. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no solo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria. A veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día. Están más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar. Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales sea complicado. Por esta razón, al querer adentrarse en el amplio mundo del conocimiento de las aguas residuales industriales, se corre el peligro de equivocarse al querer simplificar el problema, intentando generalizar e incluso querer extrapolar, aplicando las técnicas que se aplican en las aguas residuales urbanas. Por esta razón es necesario un estudio específico en cada caso. Para conocer las aguas residuales de una determinada industria se debe, en primer lugar, abordar los complejos problemas que presenta el uso del agua dentro de la misma, de tal suerte que, hasta que no se tenga un conocimiento profundo del mismo, no se debe intentar emprender los problemas de polución y su tratamiento. Téngase muy en cuenta que no existe un procedimiento universal de depuración.

Por otra parte, es muy interesante conocer la distribución del agua dentro de las distintas líneas de fabricación, así como su consumo, llevando los datos a gráficos que indiquen los caudales máximos y mínimos utilizados, relacionándolos con la fabricación, el personal, la hora del día o de la noche, ya que la calidad de las aguas residuales vendrá en muchos casos influenciada por estos factores.

De todo lo anterior se deduce que nunca se podrá expresar la carga contaminante de una agua residual de una determinada industria por medio de una muestra media, ya que deben conocerse las concentraciones máximas y mínimas de los contaminantes

que pueden influir en el correcto funcionamiento de la estación de tratamiento, así como con la frecuencia en que aparecen los valores significativos.

La complejidad de las aguas residuales industriales hace que sea difícil, por no decir imposible, encerrarlas dentro de una clasificación, por muy complicada que sea, y que existen prácticamente tantas aguas residuales industriales como industrias. Por esto, han sido muchas las clasificaciones que se han propuesto para éstas, ninguna totalmente aceptada. La más corriente hace referencia a la clase de industria que originó estas aguas, intentando agruparlas por su composición cualitativa más probable.

1.1.3. Composición

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas.

- **Contaminantes orgánicos:** Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria. Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:
 - **Proteínas.-** Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.
 - **Carbohidratos.-** Incluimos en este grupo azúcares, almidón y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios o aceites y grasas: altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.
 - **Otros.-** Incluiremos varios tipos de compuestos como los tensioactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados. Su origen es variable y presentan elevada toxicidad.
- **Contaminantes inorgánicos.** Son de origen mineral y de naturaleza variada, tales como sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicas, metales, etc. Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industria. Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función del material contaminante así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante.
 - **Arenas.-** Entendemos como tales, a una serie de partículas de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque

pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si se encuentran en condiciones adecuadas.

- **Aceites y grasas.-** Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.
- **Residuos con requerimiento de oxígeno.-** Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación. Estas oxidaciones van a realizarse bien por vía química o por vía biológica.
- **Nitrógeno y fósforo.-** Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debido a detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.
- **Agentes patógenos.-** Son capaces de producir o transmitir enfermedades.
- **Otros contaminantes específicos.-** Incluimos sustancias de naturaleza diversa que provienen de aportes muy concretos, como los metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

La composición de las aguas residuales se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes. En la siguiente tabla se señala la composición típica de un agua residual doméstica.

Tabla I- 1

Contaminantes de importancia en el tratamiento de las aguas residuales.

CONTAMINANTE	RAZÓN DE LA IMPORTANCIA
Sólidos en suspensión	Pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO y la DQO. Si se descargan al

	entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
Contaminantes prioritarios	Son compuestos orgánicos e inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensioactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar al agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro. Como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

Fuente: cidta.usal.es

Es de relevancia resaltar que la contaminación del agua depende de los compuestos que haya adquirido. En la siguiente tabla se resume la procedencia de los constituyentes más elementales:

Tabla I- 2

Procedencia de los contaminantes más abundantes

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
PROPIEDADES FÍSICAS	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales
CONSTITUYENTES QUÍMICOS (ORGÁNICO)	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Grasas animales, aceites y grasas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Pesticidas	Residuos agrícolas
Fenoles	Vertidos industriales
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Agentes tensioactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
COV	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Otros	Degradación natural de la materia orgánica
(INORGÁNICO)	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea

Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
Metales pesados	Vertidos industriales
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Azufre	Agua de suministro, aguas residuales domésticas, comerciales e industriales

Fuente: cidta.usal.es

1.2. AGUA POTABLE.-

Se llama agua potable al agua dulce que tras ser sometida a un proceso de potabilización se convierte en agua potable, quedando así lista para el consumo humano como consecuencia del equilibrado valor que le imprimirán sus minerales; de esta manera, el agua de este tipo, podrá ser consumida sin ningún tipo de restricciones.

El agua potable nos permite consumirla sin condicionamientos de ningún tipo porque está garantizado que por su condición no presentará efectos negativos en nuestro organismo.

Cuando el agua no se trata puede ser portadora de virus, de bacterias, de sustancias tóxicas, radiactivas, entre otros, muy perjudiciales para la salud de los seres vivos.

En tanto para que el agua pueda ser consumida sin ningún tipo de restricción será preciso someterla a un proceso denominado como potabilización, que justamente es el que se encargará de quitar, remover, cualquier tipo de presencia tóxica y la volverá una sustancia segura para consumir sin limitaciones. Para llevar a cabo la potabilización será necesario realizar un análisis fisicoquímico y bacteriológico de la fuente a tratar para así elegir la mejor técnica.

Algunos consejos para conseguir agua potable: aprovechamiento del agua de lluvia, hirviendo el agua de los ríos o charcos y luego decantándola, desechando el volumen más sucio o contaminante; hervir agua dulce, aunque en este caso la misma carecerá de nutrientes, sales y minerales esenciales para la vida; usando las pastillas potabilizadoras, las mismas producen agua limpia y segura. Deben emplearse en cantidades exactas y dejarlas reposar antes de consumir el agua.

Mientras tanto, los procesos de potabilización resultan ser de lo más variados y puede oscilar desde una simple desinfección añadiéndole cloro al agua en cuestión para eliminar aquellos organismos patógenos hasta procesos mucho más sofisticados como ser la destilación y la filtración con ozono.

Una confirmación que habla de la potabilización del agua que ingerimos se puede obtener a partir de la observación de las siguientes condiciones en el agua: inodora o sin olor, incolora o sin color e insípida, es decir, sin sabor.

1.3. AGUA EMBOTELLADA.-

El agua embotellada es [agua potable](#) envasada en [botellas](#) individuales o en grupo de consumo y venta al por menor o mayor. El agua puede ser [agua glacial](#), [agua de manantial](#), [agua de pozo](#), [agua purificada](#) o simplemente agua del abastecimiento público (el [agua del grifo](#)). Muchos países, especialmente los [países desarrollados](#), regulan la calidad del agua embotellada a través de estándares del gobierno, normalmente utilizados para garantizar que la calidad del agua es segura y las etiquetas reflejan con precisión el contenido de la botella.

1.3.1. Tipos de agua para embotellar.-

En nuestros días es posible encontrar diferentes tipos de agua embotellada para el consumo humano las cuales podemos mencionar:

1.3.1.1. Agua destilada.-

El mejor estado del agua que podemos encontrar en los supermercados es el agua destilada. Este tipo de agua se conoce también como agua purificada, desmineralizada, desionizada o agua de ósmosis inversa. El agua destilada se distingue por un sabor marcadamente distinto, limpio, debido a que los contaminantes, los sólidos y el cloro son reducidos significativamente durante el proceso de destilación.

El proceso de destilación consiste en la vaporización mediante el hervor del agua. Esto es, cuando el vapor empieza a subir, se desprende de la mayoría de las bacterias, virus y químicos del agua. Este vapor es recogido y condensado nuevamente en forma líquida.

El principal beneficio de beber agua destilada, es la posibilidad de eliminar los materiales inorgánicos y tóxicos que son rechazados por nuestras células y tejidos del cuerpo. Es importante saber que el agua destilada está desprovista de minerales. De hecho, contrario a una creencia un tanto generalizada, la verdadera fuente de minerales para el organismo proviene de los alimentos que consumimos, no del agua que bebemos.

El agua destilada o evaporada son aguas que son sometidas a altas temperaturas en las que se produce un cambio de fase de un líquido a vapor que posteriormente es condensado para volver a pasar por un cambio de fase y volver a su estado original.

Al ser sometida a altas temperaturas esta agua puede ser apta para el consumo humano ya que las elevadas temperaturas pueden causar que el agua se potabilice y matar organismos perjudiciales que contenga el agua al igual que puede llegar a un Ph aproximado a los 7.

Las principales características que presenta un agua evaporada o destilada son:

Tabla I- 3

Parámetros fisicoquímicos de aguas evaporadas

PRODUCTO			
AGUA DESTILADA			
Uso previsto	Sectores		
Agua para baterías, disoluciones , planchas, acuarios , auto-claves , industrias , etc	Química, farmacéutica, medicina, veterinaria, mecánica, metalúrgica, limpieza industrial, etc.		
RESULTADOS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS			
Parámetros	Resultado	Unidades	Procedimiento

			ensayo
Recuento aeróbicos totales a 22°C	<100	Ufc/ml	PN-0202
Detección y recuento de coliformes totales	ausencia	/100ml	PN-0203
Ph	5,0-7.5	Ud de Ph	PN-0501
Conductividad	<4.3	µs/cm a 20°C	PN-0503
Amonio	<0,01	mg/l	PN-0511
Cloruros	<1,0	mg/l	PN-0512
Sulfatos	<1,0	mg/l	PN-0507
Dureza	<1,0	mg/l	PN-0505
Cloro libre residual	<0,1	mg/l	PN-0516
Sólidos disueltos totales	<1,5	mg/l	PN-0517
Oxidabilidad	<0,4	mg/l	MEQU17
Carbono orgánico total	<0,5	mg/l	MQU100

1.3.1.2. Agua de manantial natural.-

Otro tipo de agua embotellada que se comercializa es la llamada "agua de manantial". Esto significa que el producto proviene de un manantial donde el agua emana naturalmente a la superficie de la tierra. Sin embargo, incluir la palabra "manantial" no es una garantía de que, en realidad, este sea el origen del agua que se está comercializando.

1.3.1.3. Agua mineral.

Para este tipo de producto, el agua es obtenida del subsuelo, lo que implica la presencia de por lo menos 250 ppm de sólidos disueltos. A este nivel, los minerales que están presentes, incorporan un sabor mineral al agua. Algunos de los minerales que aparecen en el agua incluyen calcio, hierro y sodio, que son minerales inorgánicos y, por tanto, no son utilizados por el cuerpo. Los minerales inorgánicos no solo no están disponibles como coenzimas, sino que se cristalizan en el cuerpo, dentro y fuera del sistema circulatorio. La cristalización se produce en las paredes de las arterias, contribuyendo a que, con el paso de los años, aparezcan problemas de salud relacionados con las articulaciones.

El agua mineral, como ya se venía diciendo, se obtiene de manantiales que llegan a la superficie mediante perforaciones de distinta profundidad. Lo que diferencia a ésta de otras aguas de bebida es su naturaleza mineral y su pureza, ya que su origen subterráneo protege el acuífero de contaminaciones químicas o bacterianas. Sobre el

agua mineral natural se permiten solo dos operaciones, que mejoran su calidad sin variar sensiblemente la composición inicial: eliminar compuestos naturales inestables como hierro y azufre, y modificar su contenido en gas carbónico. La reducción o eliminación del hierro y del azufre se realiza para evitar que el agua presente un color, olor o sabor no deseables. El tipo y cantidad de sustancias disueltas en el agua dependen de la tipología geológica de la zona donde fluye la fuente.

1.3.1.4. Agua de pozo.

Se trata de agua extraída de una fuente de formación entre rocas. En este caso tampoco existe garantía de que la fuente sea limpia. Hablamos de agua rica en minerales que puede ser beneficiosa para quienes presentan deficiencia de ciertos minerales.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

2.1.DATOS GENERALES DE LA P.I.L. TARIJA.-

La Planta Industrializadora de Leche inició sus operaciones como parte de la ya desaparecida CORPORACIÓN BOLIVIANA DE FOMENTO el 17 de Enero de 1978; luego, por el decreto 21060, pasó a ser dependiente de la CORPORACIÓN DE DESARROLLO DE TARIJA (CODETAR).

Finalmente PIL Tarija es privatizada y el 4 de marzo de 1996 comienza sus operaciones con el nombre de Planta Industrializadora de Leche, PIL Tarija S.A con el que opera en la actualidad.

La Planta se encuentra ubicada en el sudeste de la ciudad de Tarija, en la zona del Aeropuerto, sobre la carretera principal a Bermejo.

Esta industria cuenta con la infraestructura necesaria: agua, energía eléctrica, vías de acceso, gas, etc., para desarrollar sus actividades cotidianas; su actividad principal es la elaboración de leche y sus derivados, viniendo a convertirse en un pilar muy importante para el desarrollo de la ganadería en la región, pues la leche es suministrada por productores de diferentes localidades de nuestro departamento en cantidades progresivamente crecientes.

2.2.DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.-

Se encuentra dividida en tres áreas: Producción, Administrativa y Mantenimiento; el área de producción está compuesta por los trabajadores y por los ingenieros encargados de la elaboración de los diferentes productos. El área de mantenimiento

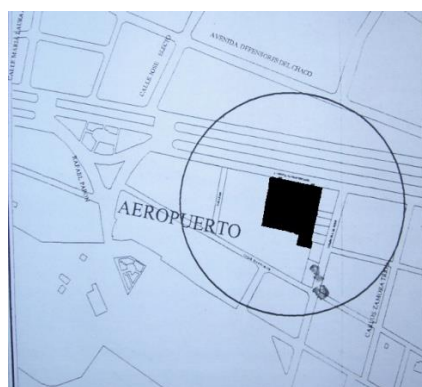
está compuesta por personal técnico especializado en la reparación, adecuación de los equipos existentes además de la construcción repuestos cuando sea necesario
El área administrativa comprende a la gerencia, presidencia, encargados de venta, administradores, economistas, abogados que se encargan de comercializar y administrar los ingresos en PIL Tarija S.A.

2.3. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

La Planta Industrializadora de Leche P.I.L. S.A. Se encuentra ubicada en el sudeste de la ciudad de Tarija, en la zona industrial de Morros Blancos, carretera a Bermejo Kilómetro 2.

Dicha Planta cuenta con la infraestructura básica y servicios necesarios como ser servicios de agua potable, servicios de energía eléctrica, servicios de gas, servicios de comunicación y los servicios auxiliares necesarios.

Figura II- 1
Ubicación de la planta



Fuente: P.I.L. Tarija

2.4. SERVICIOS AUXILIARES.

Una industria tiene servicios auxiliares para el suministro de energía térmica y eléctrica (generador) en caso de falla de la energía proveniente de servicios exteriores, también debe contar con otros suministros que se requieran en esa planta, tales como equipos para proporcionar frío tanto para agua fría como para hielo u otra fuente para refrigeración de materias primas y productos; equipos de compresión de

aire para su uso en equipos de control automático y de secado; agua de pozos con su respectivo equipo de ablandamiento en caso de corte del suministro exterior.

2.4.1. Generación de vapor.-

En PIL Tarija se utiliza vapor como medio de calefacción de todos los equipos que lo requieren. Por tanto, la generación de vapor es muy importante en esta empresa.

Para esto se cuenta con 3 calderos: 2 de ellos funcionan con fuel-oil y actualmente son utilizados solo en caso que se necesite mayor cantidad de energía o en el caso que fallase el tercero, que es utilizado todo el tiempo para el suministro de vapor.

Este tercer equipo es mucho más usado ya que utiliza gas natural como combustible para la generación de vapor, que es un combustible más barato y seguro que el fuel-oil, además tiene un sistema dual de quemado, es decir, puede utilizar gas natural y fuel-oil, lo que le permite una gran flexibilidad en su uso.

Este caldero es de tipo humotubular, cuenta con 79 tubos en un arreglo especial, la superficie de transferencia de calor es de 50.56 m^2 , tiene un recubrimiento especial de un material aislante, que permite una excelente generación de calor casi sin pérdidas de energía. Tiene una bomba para la alimentación de agua y produce vapor saturado a una presión que oscila entre $6.5\text{-}9 \text{ Kg}/\text{cm}^2$, teniendo como valor prefijado $8 \text{ Kg}/\text{cm}^2$, que corresponde a una temperatura de unos 169.5°C , regulado por control automático.

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.

2.4.2. Abastecimiento de agua.-

PIL Tarija cuenta con 2 pozos profundos para el abastecimiento de agua, cuyos caudales vierten uno a un tanque trapezoidal y el otro a un tanque australiano (piscina circular abierta). La capacidad total de los 2 pozos es de unos 200 m^3 /día, que abastece casi totalmente el consumo de agua diario.

El ablandamiento de aguas es muy importante, en especial para los equipos donde se realiza el intercambio de calor, porque un agua dura precipita iones Ca^{++} , Mg^{++} , etc. que forman deposiciones o sarros, muy perjudiciales para los equipos en donde se realiza transferencia de calor ya que disminuye el coeficiente de transferencia e incluso puede llegar a taponar cañerías, impidiendo el paso de agua caliente y vapor, pudiendo llegar a explosiones y otros inconvenientes. En un agua dura la deposición de iones empieza a hacerse notar a temperaturas superiores a los 40°C , y en la mayoría de los equipos que emplean agua caliente, éstas son superiores a aquel valor, por lo que es imprescindible el ablandamiento de aguas antes de su utilización.

P.I.L. Tarija S.A. cuenta con un sistema de ablandadores por intercambio iónico tipo resinas sintéticas para el ablandamiento de agua. Los diferentes tipos de agua que se utiliza son:

2.4.3. Agua caliente.-

En P.I.L. Tarija S.A. para el calentamiento del agua se emplea el sistema de mezclado de agua con vapor. Este mezclado se lo realiza burbujeando el vapor en el agua. El vapor, al contacto con el agua fría se condensa, y transfiere de esta forma su calor latente; además por equilibrio térmico, cede algo de calor sensible hasta la igualdad de temperaturas.

Este sistema es empleado en los pasteurizadores, y en intercambiadores para el precalentamiento de la leche en la sala de leche en polvo.

2.4.4. Agua fría.-

Como se había mencionado anteriormente el agua fría es necesaria para el enfriamiento de algunos equipos, como en la etapa de enfriamiento en el pasteurizador y como materia prima en algunos procesos como en el lavado de la mantequilla.

Para la producción de agua fría, PIL Tarija S.A. cuenta con un banco de frío, que utiliza amoníaco como gas enfriante. En sala de máquinas se cuenta con todo el ciclo de refrigeración, que comprende compresión, condensación, expansión o evaporación.

El banco de hielo está compuesto por una serie de serpentines que enfrían al agua que entra a esta especie de piscina. Dentro de los serpentines ocurre la evaporación del amoníaco, éste absorbe calor del agua para poder evaporarse enfriando así a la

misma. Para ayudar el intercambio de calor el banco de frío cuenta con un agitador; además, éste ayuda a mantener uniforme la temperatura del agua en la tina aislada.

El amoníaco va inmediatamente al compresor de pistones, donde se comprime a alta presión. Al elevar su presión, se calienta mucho más, posibilitando de esta manera la extracción de su calor.

El gas caliente a alta presión es conducido a una torre de enfriamiento, donde se enfría por contacto en flujo cruzado con una solución de salmuera.

Al salir de la torre de enfriamiento el amoníaco se condensa, perdiendo así su calor latente, pero no su presión, y está listo para volver a los serpentines y repetir el ciclo de refrigeración.

2.4.5. Aire comprimido.-

El aire comprimido se utiliza mucho en los equipos de control automático por ej.: válvulas de regulación automática y otros equipos que utilizan sistemas neumáticos.

En P.I.L. 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 (10 Kg/cm^2), 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.

2.4.6. Generación de energía eléctrica.-

P.I.L. Tarija S.A se provee 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 diesel para la generación.

2.5. PROCESO DE LA PLANTA INDUSTRIALIZADORA PIL TARIJA.

2.5.1. Recolección de la leche.-

El ordeño se realiza de dos formas, manual y mecánica siendo esta última la más eficiente en lo referente a la higiene y conservación de la leche, pero es la menos usada por los productores lecheros puesto que el costo es elevado y los productores no cuentan con la cantidad de vacas que compense la adquisición de dichos equipos.

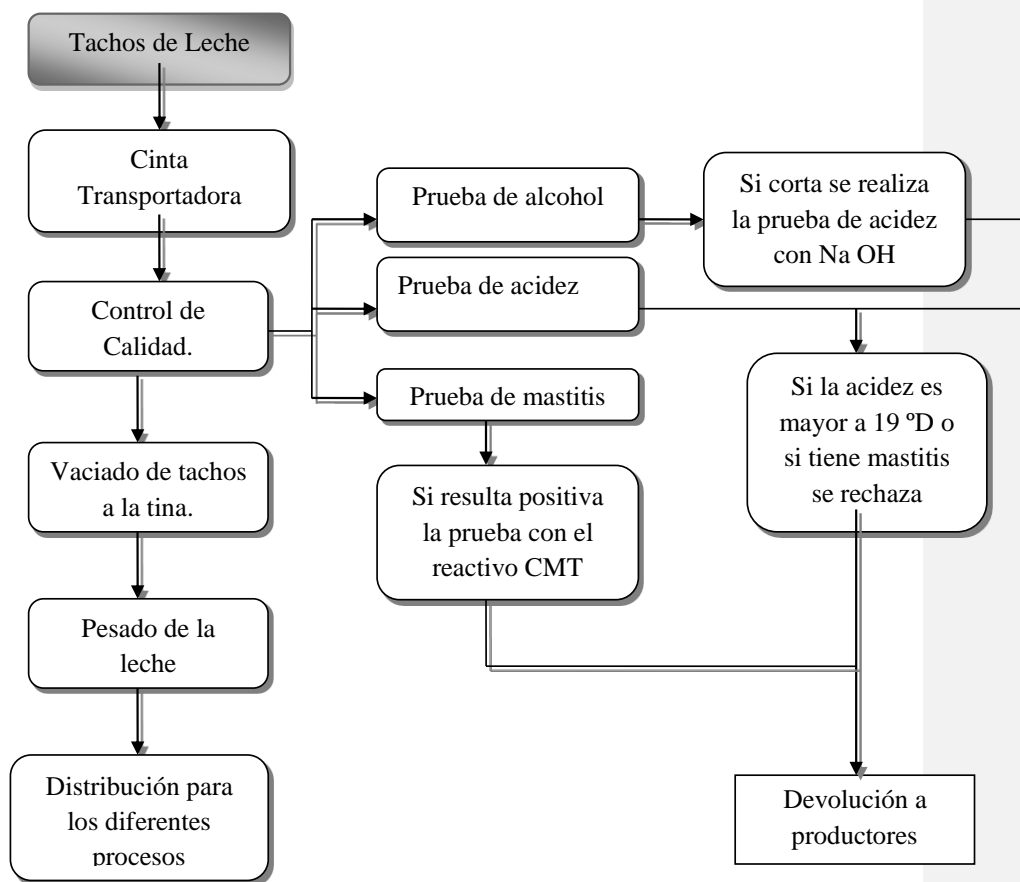
La planta realiza la recolección de leche de dos maneras para posteriormente poder procesarla:

- Los productores de la zona sur del departamento transportan la leche en tachos y bidones a las instalaciones de la planta.
- Para los productores de la zona norte se cuenta con diferentes centros de acopio donde la leche es recepcionada y posteriormente transportada en vehículos especiales (cisternas, frigoríficos y camionetas con tanques de almacenamiento, tachos o bidones que se van recogiendo a lo largo del recorrido) y sea procesada en PIL Tarija.

Cada centro de acopio posee un tanque de almacenamiento que cuenta con un sistema de refrigeración (manteniendo la temperatura a 8-10°C) y agitación para poder mantener la leche en óptimas condiciones; existe una persona encargada de la recepción; al recibirla se pesa y se mide el volumen que cada productor está entregando, se llena estos datos en una planilla que después es llevada al laboratorio para el descargo correspondiente.

En el momento de recibir la leche el operador encargado de transportarla a la planta realiza la prueba de alcohol, para confirmar que la leche esté en buen estado; entonces la leche que se encuentra en los tanques de almacenamiento es bombeada a la cisterna; cuando se transporta la leche en cubas de almacenamiento se realiza por vertido de los tachos.

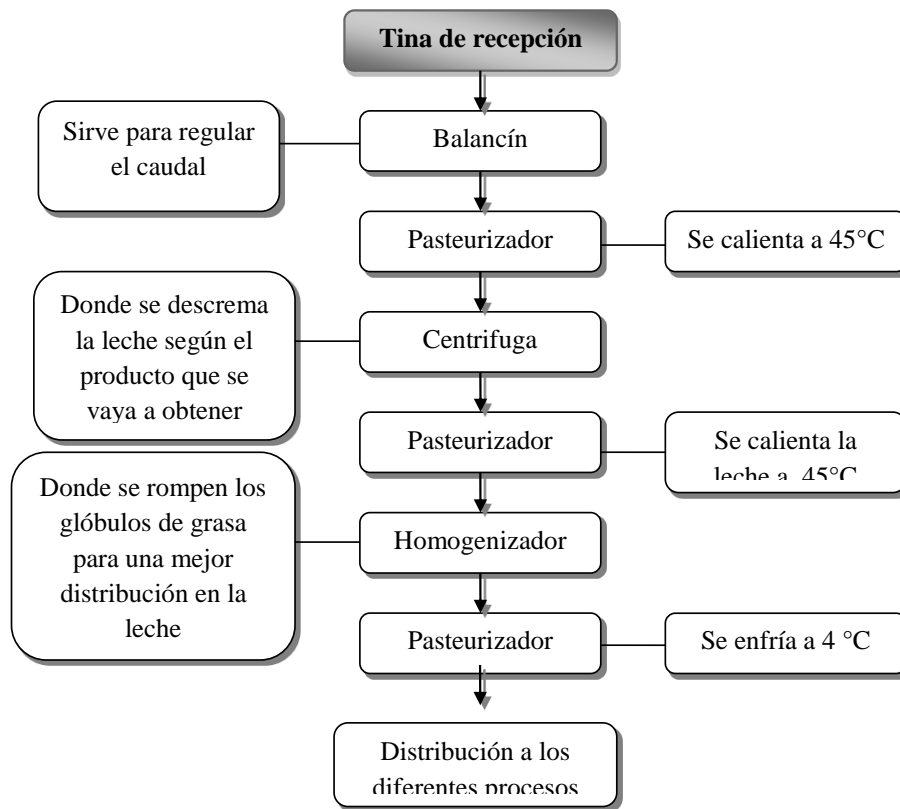
2.5.1.1. Diagrama de flujo para la recepción de leche.-



Fuente: PIL Tarija.

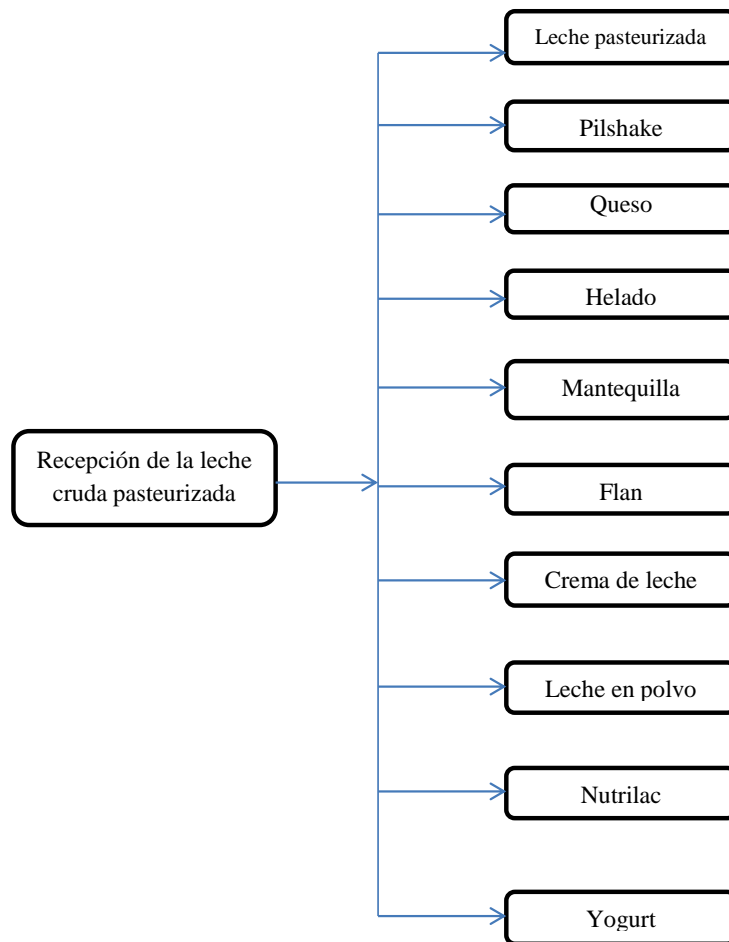
2.5.1.2. Diagrama de flujo del proceso que sigue la leche cruda.-

El desarrollo incontrolado de microorganismos contaminación por gérmenes causantes de infecciones patógenas en las vacas productoras, absorción de olores extraños, producción de malos sabores y contaminación por suciedad; todo ello puede afectar de forma negativa a la calidad higiénica del producto; por esta razón antes de procesar la leche es sometida a una serie de tratamientos inmediatamente después ser recibida en la planta lechera, este tratamiento se lo realiza desde el momento que se pesa la leche en la tina y continúa en la sala de procesos.



Fuente: PIL Tarija.

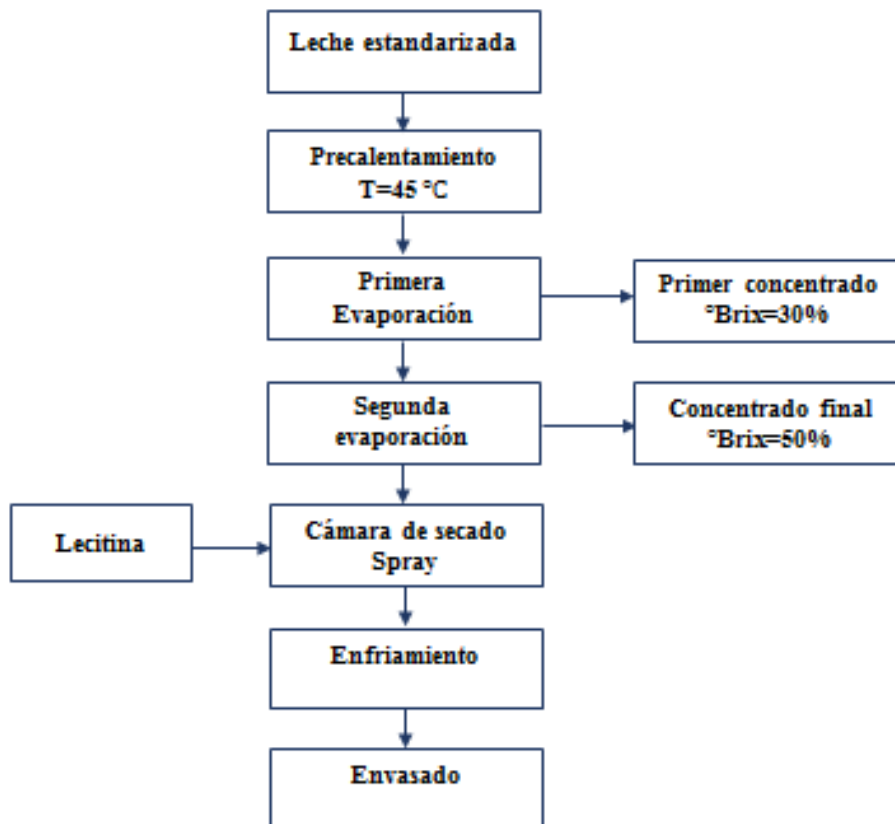
Actualmente PIL Tarija S.A. está elaborando los siguientes productos:



Fuente: PIL Tarija.

Para el estudio de este proyecto solamente se tomará en cuenta el proceso de elaboración de leche en polvo, describiendo su proceso en el siguiente diagrama de flujo:

2.5.1.3. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LECHE EN POLVO



Fuente: PIL Tarija.

La leche en polvo en la planta industrializadora de leche PIL TARIJA se obtiene a partir del sometimiento de la leche fluida, previamente estandarizada, homogeneizada y pasteurizada, a distintos tipos de procesos en los cuales se va extrayendo parcialmente el agua que esta contiene. A partir de la aplicación de estos métodos el producto tratado muestra grandes cambios en su estructura y apariencia física, pasando de un líquido con 88% de humedad, a un polvo seco con tan solo 3% de humedad.

Proceso para la obtención de la leche en polvo:

Una vez que la leche cruda llega a la planta industrial, se descarga del camión cisterna utilizando bombas centrífugas sanitarias. La leche es conducida a la etapa de higienización y desnatada a través de cañerías de acero inoxidable; una vez que la leche es recepcionada pasa a la etapa de higienización que tiene por objeto la eliminación de aglomerados de proteínas, partículas orgánicas e inorgánicas como células somáticas, partículas extrañas procedentes del suelo, estiércol, gérmenes, etc. Sin este tratamiento las partículas formarían un sedimento en la leche homogeneizada.

Con formato: Normal, Sangría:
Izquierda: 0,75 cm, Espacio Antes:
Automático, Después: Automático,
Interlineado: sencillo, Punto de
tabulación: 0,5 cm, Izquierda

Pasado el proceso de higienización la leche pasa a un proceso de desnatado que tiene por objeto la eliminación del contenido graso de la leche por separación de la nata, hasta un 0,05% de tenor graso. Este proceso se realiza mediante la aplicación de fuerza centrífuga.

Con formato: Normal, Sangría:
Izquierda: 0,75 cm, Espacio Antes:
Automático, Después: Automático,
Interlineado: sencillo, Punto de
tabulación: 0,5 cm, Izquierda

Posteriormente, se pasa al proceso de refrigeración, la leche obtenida del proceso de higienización sale con una temperatura aproximada de 12°C, es refrigerada en un intercambiador de placas hasta una temperatura de 4°C. Terminado este proceso se pasa la leche a los tanques de almacenamiento que son tanques de acero inoxidable refrigerados, donde se contiene a la leche hasta que la misma se estandariza. El llenado de los tanques se realiza por la parte inferior para evitar la agitación y formación de espuma. Los tanques de almacenado están provistos de sistemas de agitación y refrigeración (a 4°C) para evitar la separación de la nata por gravedad y mantener una temperatura regular. La leche almacenada en los tanques procede a ser estandarizada; el contenido de grasa en la leche presenta a veces considerables oscilaciones. La estandarización de la leche se realiza mediante la mezcla de leche entera y descremada, de contenidos grasos conocidos, en las proporciones necesarias para obtener una leche con el porcentaje graso deseado; generalmente el contenido graso de la leche entera tendría que estar en 3% como valor mínimo. Luego que la leche contiene el % de grasa adecuado de acuerdo al producto final que se desee obtener, se procede al proceso de homogenización que evita la separación de la nata y favorece una distribución uniforme de la misma, ya que produce la división y rotura de los glóbulos de grasa.

Con formato: Normal, Sangría:
Izquierda: 0,75 cm, Espacio Antes:
Automático, Después: Automático,
Interlineado: sencillo, Punto de
tabulación: 0,5 cm, Izquierda

La leche homogenizada pasa al proceso de pasteurización que consiste en calentar la leche a temperaturas suficientemente altas durante un tiempo adecuado que permita destruir los microorganismos patógenos y debilitar otros de manera que pueda transportarse, distribuirse y/o consumirse sin peligro alguno.

Con formato: Normal, Sangría:
Izquierda: 0,75 cm, Espacio Antes:
Automático, Después: Automático,
Interlineado: sencillo, Punto de
tabulación: 0,5 cm, Izquierda

Para la elaboración de leche en polvo, no es necesario un calentamiento intenso, ya que los gérmenes que puedan quedar no dispondrán de humedad para desarrollarse. No obstante, todos los microorganismos patógenos deben ser destruidos y las enzimas inactivadas en su mayor parte. La pasteurización se realiza a la leche ya estandarizada mediante un calentamiento uniforme a una temperatura de 72°C durante 15 segundos. Esto asegura la destrucción de los microorganismos patógenos y la casi totalidad de la flora microbiana y enzimas que afectan la calidad de la leche, sin modificación sensible de la naturaleza fisicoquímica, características y cualidades nutritivas de la leche.

Con formato: Normal, Sangría:
Izquierda: 0,75 cm, Derecha: 0,09
cm, Espacio Antes: Automático,
Después: Automático, Interlineado:
sencillo, Punto de tabulación: 0,5 cm,
Izquierda

Luego la leche es llevada a concentración que es donde se ha de incrementar lo más posible la proporción de extracto seco del producto a desecar posteriormente, ya que el proceso de concentración por evaporación es hasta tres veces más eficiente desde el punto de vista térmico que el proceso final de desecación por aire.

Con formato: Normal, Sangría:
Izquierda: 0,75 cm, Espacio Antes:
Automático, Después: Automático,
Interlineado: sencillo, Punto de
tabulación: 0,5 cm, Izquierda

El concentrado se deshidrata hasta que se llega casi al límite de fluidez, es decir, hasta una proporción de extracto seco del 48-50%. Para la obtención del concentrado se utilizará evaporadores de película descendente de funcionamiento en múltiples efectos

Con formato: Normal, Sangría:
Izquierda: 0,75 cm, Espacio Antes:
Automático, Después: Automático,
Interlineado: sencillo, Punto de
tabulación: 0,5 cm, Izquierda

LECHE FLUIDA (11,5 – 12% ST)		CONCENTRADO (48 – 50 %)
Agua contenida (88.5 – 88 %)	EVAPORACION	Agua contenida (52 – 50%)

Por último se realiza el proceso de secado por atomización en la cámara spray. Se basa en el contacto del producto atomizado en finas gotas, con una corriente de aire secante que circula en contracorriente, a alta temperatura para lograr la evaporación del agua en forma prácticamente instantánea. De esta forma, la humedad superficial es evaporada rápidamente por aire a alta temperatura y la partícula de leche es protegida del exceso de temperatura por dicha evaporación. Esto reduce notablemente la alteración de sus proteínas y otros constituyentes, lo que permite obtener excelentes índices de reconstitución

Con formato: Normal, Sangría:
Izquierda: 0,75 cm, Espacio Antes:
Automático, Después: Automático,
Interlineado: sencillo, Punto de
tabulación: 0,5 cm, Izquierda

CAPITULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.-

La empresa industrializadora PIL TARIJA S.A. presenta una gran preocupación en el proceso de elaboración de leche en polvo, ya que en dicho proceso se genera gran cantidad de agua proveniente del proceso de concentración y evaporación de la leche, la cual es vertida en su mayor cantidad al alcantarillado.

Tomando en cuenta que la leche en polvo es un producto que más genera la empresa industrializadora PIL TARIJA S.A. porque conserva la leche por mucho tiempo más, además que es un producto totalmente natural y que conserva todas las propiedades beneficiosas para el cuerpo humano.

Es por eso que en el presente proyecto se propone la reutilización del agua proveniente de dicho proceso de elaboración de leche en polvo para beneficio de la planta PIL TARIJA S.A.

3.1.DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Para responder a la necesidad de la empresa PIL TARIJA se plantea las siguientes alternativas para el reuso del agua que sale en la evaporación de la leche

3.1.1. Agua para la elaboración de otro producto.-

El agua desechada en el proceso de evaporación de leche en polvo puede servir para la alimentación y elaboración de otro producto como ser el karpil el cual necesita cantidades de agua para su elaboración. En la actualidad el agua que utiliza la empresa PIL TARIJA S.A. para la elaboración de karpil es el agua de pozo que previamente pasa por un ablandador de agua para disminuir los iones Mg y Ca para posteriormente ser alimentada a dicho proceso de elaboración de karpil

Esta alternativa de reuso sería muy beneficiosa para la empresa PIL TARIJA ya que en temporada de verano se elevan las partidas de elaboración de karpil provocando que el pozo de agua quede en un bajo nivel de agua teniendo como resultado un desabastecimiento de agua para toda la planta y perjuicio en la elaboración de otros productos.

3.1.2. Agua para generación de vapor.-

El agua obtenida del proceso de elaboración de leche en polvo puede ser expuesto a un tratamiento para ablandar el agua ya que la empresa cuenta con un ablandador de agua para posteriormente alimentar a los evaporadores que son los encargados de generar vapor a altas temperaturas para ser utilizado en la elaboración de los distintos procesos que elabora la empresa PIL TARIJA

3.1.3. Agua para la alimentación al banco de agua fría.-

El banco de agua fría es un almacenamiento de grandes cantidades de agua las cuales se encuentran a muy bajas temperaturas; es una reserva de agua para procesos que necesiten agua muy fría, como ser el proceso UHT que requiere grandes cantidades de agua fría para que este se lleve a cabo, desabasteciendo a toda la planta de agua fría.

Es por eso que para la planta industrializadora PIL TARIJA sería de gran utilidad que el agua reutilizada alimente al banco de agua para tener mayores cantidades de agua fría y poder abastecer de agua fría a toda la planta.

3.1.4. Elaboración de agua potable para embotellar.-

Por las grandes cantidades de agua eliminada en el proceso de elaboración de leche en polvo, se propone a la empresa PIL TARIJA dar un tratamiento previo al agua para llevarla a los parámetros óptimos de agua potable y adecuada para embotellarla, para posteriormente implementarla al mercado como un nuevo producto.

La presente alternativa de reuso generará ingresos de recursos para la empresa, además de que el agua, una vez tratada, puede alimentar a otros procesos que la necesiten, para evitar desabastecimientos en la planta industrializadora.

De igual manera el agua una vez tratada puede ser utilizada para la elaboración de jugos de frutas; en la empresa ya viene haciendo pruebas para la elaboración de jugos a base de pulpa de frutas y de agua.

3.2. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A SOLUCIONAR EL PROBLEMA.-

Para dar solución a la reutilización del agua proveniente del proceso de evaporación de la leche, se hará un avaluación dando una ponderación a las alternativas de

reutilización de agua para poder seleccionar la mejor solución al problema en el cual se procederá a subdividir cada punto con un promedio donde, sumados todos, tienen que dar un 100%. Para la evaluación se tomara en cuenta los siguientes puntos.

- Materia prima
- Tratamiento previo
- Accesibilidad
- Localización
- Recursos generados
- Ampliación de la planta

Se establecerá la siguiente puntuación para valorar las alternativas:

- Muy bueno =4
- Bueno =3
- Regular =2
- Deficiente =1

Tabla III- 1

Evaluación de alternativa

FACTORES DE DECISIÓN		ALTERNATIVAS DE REUTILIZACIÓN							
		ABASTECIMIENTO DE OTRO PROCESO		GENERACIÓN DE VAPOR		BANCO DE AGUA FRÍA		ELABORACIÓN AGUA POTABLE PARA EMBOTELLAR	
Variable	Valor ponderado	Puntuación asignada	puntaje	Puntuación asignada	puntaje	Puntuación asignada	puntaje	Puntuación asignada	puntaje
Facilidad de Materia prima	10	4	40	4	40	4	40	4	40
Tratamiento previo	20	3	60	2	40	2	40	3	60
Accesibilidad	20	2	40	2	40	2	40	4	80
Localización	10	2	20	2	20	2	20	3	30
Recursos generados	30	3	90	2	60	2	60	4	120
Ampliación de la planta	10	2	20	2	20	2	20	4	40
total			270		220		220		370

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro de evaluación, la alternativa de reutilización que tiene mayor puntaje es la elaboración de agua embotellada con una puntuación de 370 puntos; esta alternativa propone generar nuevo recursos a la empresa y así también ampliar planta y los diferentes productos en el mercado

3.3. CUANTIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En el proceso de elaboración de leche en polvo está establecido que se debe arrancar dicho proceso con un máximo de 12000lt de leche estandarizada, ya que el equipo tiene la capacidad de procesar 1000lt/h .

Teniendo en cuenta los datos brindados por la empresa y los operadores de dicho proceso de elaboración de leche en polvo, a continuación se realizará el balance de materia para cuantificar la cantidad de agua eliminada en el proceso.

Para obtener los valores teóricos, teniendo como referencia los 12000 Lt de leche procesada, se trabajará todo en peso para evitar dificultades posteriores.

Para facilitar el cálculo se llevará la leche a unidades de peso; para esto se multiplicará por la densidad de la leche $\rho_{leche}=1.029 \frac{Kg}{Lt}$ (dato obtenido de la empresa PIL TARIJA)

Base de cálculo: 12000 Lt

$$\rho_{leche} = \frac{M}{V} \dots \dots \dots Ecu. (1)$$

$$M = V * \rho_{leche}$$

$$M = 12000 Lt * 1.029 \frac{Kg}{Lt}$$

$$M_1 = 12348 kg \text{ de leche}$$

Los datos de la tabla (Tabla III-2) son obtenidos en laboratorios de la industria PIL TARIJA al realizar la práctica profesional.

Tabla III- 2

Datos de leche en polvo

	%SNG	%MG	%ST	VALOR CORREGIDO
Leche	9	2.6	11.6	11.6 %
Concentrado	43.6	12.6	56.2	50 %

Fuente: elaboracion propia

Donde:

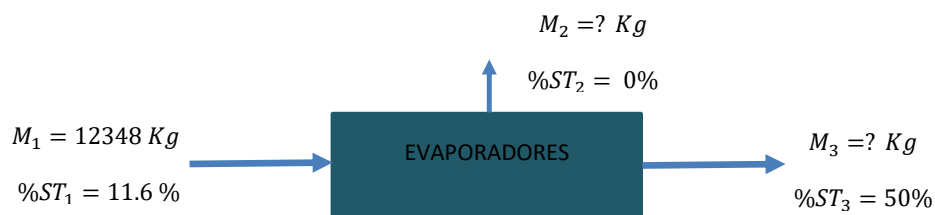
SNG= Sólidos no grasos

%MG=Es el porcentaje de materia grasa

%ST=Es el porcentaje de sólidos totales

Balance en los evaporadores:

Para realizar los cálculos correspondientes se consideró el valor de %ST=50 para tener mayor precisión en los resultados; por otra parte los valores del concentrado se analizaron en laboratorio de una muestra de calandria el mismo día que se escogió el proceso.



Donde:

M_1 : Cantidad de leche alimentada

$\%ST_1$: Porcentaje de sólidos totales en la alimentación

M_2 : Cantidad de agua eliminada en la evaporación

M_3 : Cantidad de Concentrado obtenido

$\%ST_3$: Porcentaje de sólidos totales del concentrado

Balance Global:

$$M_1 = M_2 + M_3 \dots \dots \dots Ecu. (2)$$

Balance por componentes:

$$M_1 * \%ST_1 = M_2 * \%ST_2 + M_3 * \%ST_3 \dots \dots \dots Ecu. (3)$$

Reemplazando valores en la Ecu. (3):

$$12348 * 0.116 = M_2 * 0 + M_3 * 0.5$$

$$M_3 = \frac{12348 * 0.116}{0.5}$$

$$M_3 = 2864.74 \text{ Kg de concentrado}$$

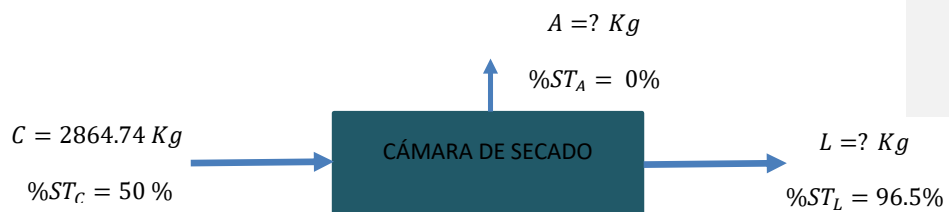
$$M_2 = M_1 - M_3 \dots \dots \text{Ecu. (4)}$$

Remplazando en Ecu. (4):

$$M_2 = 12348 - 2864.74$$

$$M_2 = 9483.26 \text{ Kg de agua eliminado en evaporación}$$

Balance en la cámara de secado:



C : Cantidad de Concentrado

$\%ST_C$: Porcentaje de sólidos totales del concentrado

A : Cantidad de agua eliminada en la cámara de secado

$\%ST_A$: Porcentaje de sólidos totales en el agua 0%

L : Cantidad de leche en polvo

$\%ST_L$: Porcentaje de sólidos totales de la leche en polvo

Balance Global:

$$C = A + L \dots \dots \text{Ecu. (5)}$$

Balance por componentes:

$$C * \%ST_C = A * \%ST_A + L * \%ST_L \dots \dots \dots Ecu. (6)$$

Reemplazando valores en Ecu. (6):

$$2864.74 * 0.5 = A * 0 + L * 0.965$$

$$L = 1484.32 \text{ Kg de Leche en polvo}$$

$$A = C - L \dots \dots \dots Ecu. (7)$$

Reemplazando en Ecu (7):

$$A = 2864.74 - 1484.32$$

$$A = 1380.42 \text{ Kg de agua eliminada en secado}$$

Total agua eliminada:

$$A_{elim} = \text{Agua eliminada}_{evaporacion} + \text{Agua eliminada}_{secado} \dots \dots \dots Ecu. (8)$$

$$A_{elim} = 9483.26 + 1380.42$$

$$A_{elim} = 10863.68 \text{ Kg de agua}$$

Porcentaje de agua eliminada en los evaporadores:

$$A_{evp.} = \frac{\text{agua en los evaporadores}}{\text{total de agua en el proceso}} \times 100 \dots \dots \dots Ecu. (9)$$

$$A_{evp.} = \frac{9483,26 \text{ kg}}{10863,68 \text{ kg}} \times 100$$

$$A_{evp.} = 87,29\% \text{ de agua eliminada en los evaporadores}$$

Porcentaje de agua eliminada en el secado:

$$Asec. = \frac{\text{agua en el secado}}{\text{total de agua en el proceso}} \times 100 \dots \dots \dots Ecu. (10)$$

$$Asec = \frac{1380,42kg}{10863,68kg} \times 100$$

$$Asec. = 12,7\% \text{ de agua eliminada en el secado}$$

Como se puede observar, la cantidad de agua eliminada en el proceso de elaboración de leche en polvo es de 10863.68 lt por cada día de proceso, teniendo en cuenta que se toma como base de cálculo que cada proceso se inicia con 12000lt de leche.

Observando en el cálculo anterior, se puede evidenciar que la mayor cantidad de agua es eliminada en los evaporadores con un valor de 9483.26 lt (87.29%). Se procede a realizar una tabla para observar la cantidad de agua eliminada por mes en la empresa.

Tabla III- 3

Cuantificación del agua

PRODUCCIÓN	ALIMENTACIÓN KG	AGUA EVAPORADA KG	CONCENTRADO KG
DIA	12348	9483.26	2864.74
SEMANA	86436	66383.82	20053.18
MES	370440	284497.8	85942.2

Fuente: elaboración propia

Con los datos calculados para saber la cantidad de agua desechada en los evaporadores se plantea el dimensionamiento de los equipos y la cantidad de reactivo a utilizar en el proceso de desinfección del agua; por tanto, se establecerá una base de cálculo de 9000 litros de agua desechada en los evaporadores, por cada día de realización del proceso de elaboración de leche en polvo.

3.4. AGUA TOTAL REUTILIZADA DE LA INDUSTRIA

La industria PIL TARIJA es abastecida por dos pozos de agua que alimentan toda la industria, el promedio de uso de agua de la industria en los distintos procesos y usos de la planta es de 10,054,270 l/mes por lo que se toma que el 80% del agua utilizada

es desechada en el alcantarillado sanitario; dados estos valores se procede al cálculo de la cantidad de agua que ahorraría la empresa si se implementaría el proyecto de reutilización en los evaporadores de leche.

$$A = \frac{10,054,270 \frac{l}{mes} \times 80\%}{100\%}$$

$$A = 8043416 l/mes$$

A= Cantidad de agua desechada en el alcantarillado sanitario

Por tanto la cantidad de agua que reutilizaría la empresa sería :

$$B = \frac{284497.8 \frac{l}{mes} \times 100\%}{8043416 \frac{l}{mes}}$$

$$B = 3.58 \%$$

Como se puede observar se reutilizaría el 3.58% del total de agua que es eliminada por el alcantarillado sanitario y la cual será destinada para el embotellamiento de agua potable.

3.5.CARACTERÍSTICAS DEL AGUA EVAPORADA EN LA INDUSTRIA PIL TARIJA.

En los análisis realizados en los laboratorios (CEANID) para la caracterización del agua de los evaporadores de leche se pudo obtener los siguientes datos:

Tabla III- 4

Análisis fisicoquímico del agua de evaporadores

PARÁMETRO	TÉCNICA y/o METODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADOS
Alcalinidad	SM 2320-B	mgCaCO ₃ /l	5,09
Arsénico disuelto	SM 3500 AsB	mg/l	< 6,1 x10 ⁻⁴
Cloruros	SM 4500-Cl-B	mg/l	4,85
Dureza total	SM 2340-C	mgCaCO ₃ /l	3,67
Grasas y aceites	SM 5520-B	mg/l	< 0,01
Nitratos	SM 4500-NO ₃ -E	mg/l	0,55
Nitrógeno amoniacal	SM 4500-NH ₃ -D-E	mg/l	n.d.
Ph (22,8°C)	SM 4500-H-B		7,03
Potasio disuelto	SM 3500-KB	mg/l	0,28
Sodio disuelto	SM 3500-Na B	mg/l	0,38
Sólidos disueltos totales	SM 2540.E	mg/l	45,0
Sulfatos	SM 2130-B	mg/l	< 1
Coliformes termoresistentes	NB 31006:07	NMP/100ml	< 2 (*)
Coliformes totales	NB 31003 : 07	NMP/100ml	< 2 (*)
Plomo disuelto	SM 3500-PbB	mg/l	< 1,4x10 ⁻³

Fuente: Laboratorios CEANID

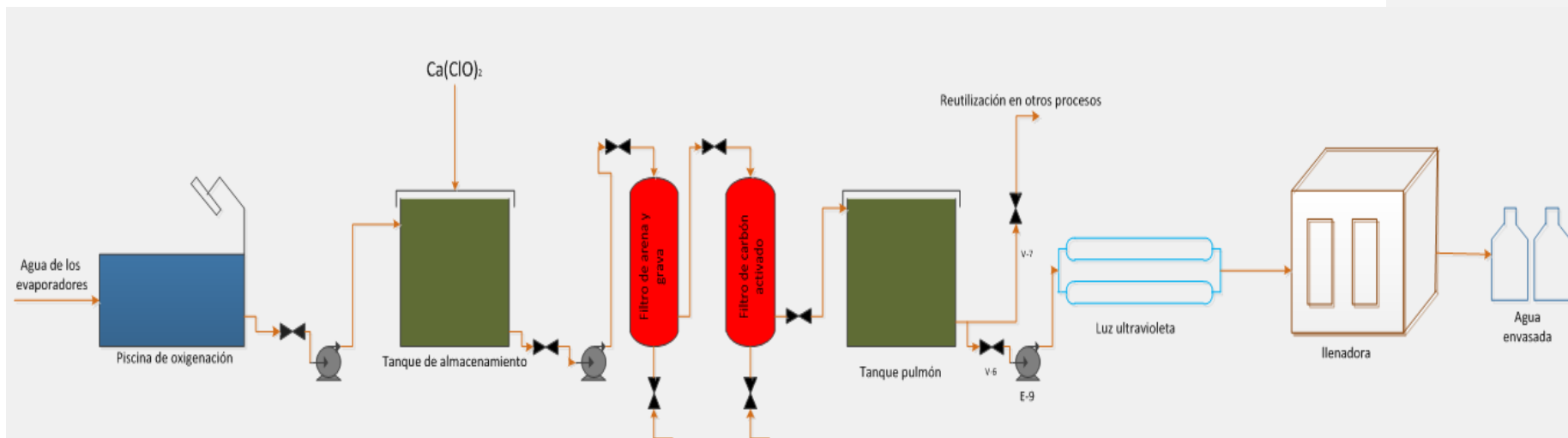
Como se puede observar en los análisis realizados al agua que sale de los evaporadores (Índice B) es un agua muy blanda, no contiene contaminación de plomo; en cuanto a coliformes totales y coliformes termorresistentes se encuentra en los rangos de permisible al igual que no contiene grasas ni aceites y mantiene un Ph=7,3.

Por tanto, se puede establecer que el agua está en condiciones de aceptables para ser un agua potable, el principal problema que arrastra el agua es el olor y sabor a leche en polvo.

3.6. DIAGRAMA DEL PROCESO DE REUTILIZACIÓN DEL AGUA.-

Figura III- 1

Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia

3.7. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO A REALIZAR.-

3.7.1. Piscina de oxigenación.-

El uso de la aireación en el tratamiento de aguas es bastante común; este puede ser utilizado en sistemas de lodos activados, tanque de homogenización, lagunas aireadas. Cada una de las aplicaciones anteriores buscan, como es natural, la transferencia del oxígeno del ambiente a la fase líquida; si bien es cierto este es el propósito principal de la aireación, también pueden lograrse otros objetivos como: mezclado, suspensión de sólidos, enfriamiento o calentamiento del agua a tratar; además de la disolución de los gases en el líquido.

En el presente proyecto es importante mencionar que la empresa PIL TARIJA cuenta con una piscina de aireación de agua la cual será utilizada en el proceso de reutilización de agua proveniente de los evaporadores de leche

Figura III- 2

Piscina de oxigenación

3.7.2. Tanque de almacenamiento.-



El tanque de almacenamiento se encargará de recepcionar el agua una vez que haya pasado por el proceso de aireación, para posteriormente ser tratada con hipoclorito de calcio el cual desinfectará y estabilizará el agua para los siguientes procesos.

3.7.2.1. Características del tanque de almacenamiento.-

Los tanques de almacenamiento son de acero inoxidable, de construcción (concreto), o de pvc, y de forma cilíndrica; estos pueden ser de forma horizontal o vertical. Pueden tener patas de apoyo como también pueden ser subterráneos según como lo requiera la empresa.

El ingreso del agua es por la parte superior del tanque y el desagüe del fluido es por la parte inferior en la cual se encuentra una válvula globo la cual se encarga de regular el caudal que se requiera.

En el proyecto se pretende usar un tanque de acero inoxidable de forma cilíndrica con una capacidad de almacenamiento de 15000 litros y con patas de apoyo, donde el ingreso del agua será por la parte superior de este y el desagüe será por la parte inferior del tanque. En la salida se establecerá una válvula globo para regular el caudal deseado.

3.7.3. Filtros de carbón activado.-

Los filtros de carbón activado son un complemento de los filtros de arena los cuales son muy utilizados en el proceso de tratamiento de aguas, así como también en el proceso de tratamiento de efluentes debido a su gran absorción de moléculas orgánicas de cadena larga.

El carbón activado es el resultado del tratamiento que se somete la antracita u otros carbones provenientes de fuentes como madera, coco, coque, etc. La capacidad de adsorción del carbón activado está íntimamente ligada al tamaño de partícula.

El primer efecto que tendría el carbón activado en el agua es la retención de sólidos suspendidos pero este mecanismo se obvia puesto a que el carbón activado se encuentra por debajo de la capa filtrante de arena, es decir, el fluido es previamente filtrado en la arena. Como principal efecto que produce el carbón activado sobre el agua es de encargarse de eliminar el cloro libre contenido en el agua, elimina herbicidas y pesticidas, desodoriza todo tipo de olores orgánicos e inorgánicos y

continúa eliminando contaminantes y rastros de hidrocarburo que se puedan encontrar; también ayuda a la decoloración del agua para conseguir una agua incolora y elimina el mal sabor del agua (Ing. Ivan Olivares 2017)

3.7.3.1. Características estructurales del filtro de carbón.-

Existe una gran variedad de filtros de carbonos según el uso que se requiera. En el presente proyecto se utilizará un filtro de carbón activado cilíndrico de acero inoxidable con una capacidad de retención de 600 litro de agua, en donde el agua entrará por la parte superior del filtro, atravesará todo el filtro y saldrá por la parte inferior; en la entrada y salida se establecerán válvulas globo para seguridad del filtro, además que el filtro tendrá una entrada de agua por la parte inferior para hacer el retrolabado del filtro.

3.7.4. Tanque pulmón.-

El tanque pulmón es el encargado de almacenar toda el agua potabilizada y lista para envasar; en el proyecto a realizar se propone la instalación de este tanque para dar más opciones de reuso a la empresa ya que en caso de desabastecimiento de agua en la empresa se podría abastecer con el agua potabilizada para el reabastecimiento de otros procesos (karpil; UHT;) así como también la implementación de nuevos producto (jugos de frutas).

3.7.4.1. Características estructurales del tanque pulmón.-

Los tanques de almacenamiento son de acero inoxidable, de construcción (concreto), o de pvc, y de forma cilíndrica, estos pueden ser de forma horizontal o vertical. Pueden tener patas de apoyo como también pueden ser subterráneos según cómo lo requiera la empresa.

El ingreso del agua es por la parte superior del tanque y el desagüe del fluido es por la parte inferior en la cual se encuentra una válvula globo la cual se encarga de regular el caudal que se requiera.

En el proyecto se pretende usar un tanque de acero inoxidable de forma cilíndrica y con patas de apoyo el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 15000 litros de agua potabilizada, donde el ingreso del agua será por la parte superior de este y el

desagüe será por la parte inferior del tanque. En la salida se establecerá una válvula globo para regular el caudal deseado.

3.7.5. Esterilización con luz ultravioleta.-

Los sistemas de tratamiento y desinfección de Agua mediante luz Ultra Violeta (UV), garantizan la eliminación de entre el 99,99 de agentes patógenos. Para lograr este grado de efectividad casi absoluta mediante este procedimiento físico, es totalmente imprescindible que los procesos previos del agua eliminen de forma casi total cualquier turbiedad de la misma, ya que la Luz Ultravioleta debe poder atravesar perfectamente el flujo de agua a tratar.

De todos los métodos de desinfección actual, la luz ultravioleta (UV) es el más eficiente, económico y seguro. Más aún, su acción germicida se realiza en segundos o en fracciones de éstos, además es ambientalmente el método más adecuado, utilizado mundialmente a lo largo de varias décadas.

La generación artificial de la luz UV se realiza a través de un emisor (lámpara) de cuarzo puro, el cual contiene un gas inerte que es el encargado de proveer la descarga inicial, y conforme se incrementa la energía eléctrica, el calor producido por el emisor también aumenta junto con la presión interna del gas, lo cual genera la excitación de electrones que se desplazan a través de las diferentes líneas de longitud de onda, produciendo la luz UV. Una descarga de presión baja produce un espectro a 185 y 253.7 nm

Uno de los principales beneficios de usar luz UV es que esta no altera químicamente el producto es decir no cambia las propiedades principales del agua.

3.7.6. Equipos adicionales en el proceso.-

En el proceso se usara los siguientes equipos adicionales:

- *Tres bombas centrifugas de agua de una capacidad de 1000 l/h de caudal y con una potencia de 2HP las cuales se encargaran de impulsar el fluido a cada proceso.*
- *Ocho válvulas globo que se instalaran para manejar el fluido según se requiera*

3.8. DESCRIPCIÓN DEL REACTIVO PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA.-

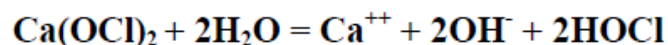
3.8.1. Hipoclorito de calcio (Ca(ClO)₂)

El hipoclorito de calcio es comúnmente conocido como cal clorada, aunque también se utiliza como agente blanqueador. Su principal aplicación es en el tratamiento de aguas. Su función es la de eliminar bacterias, algas, hongos, mohos y microorganismos que viven en el agua

Es un producto formulado en base a Hipoclorito de calcio, con apariencia de polvo granular blanco que tiene fácil escurrimiento y otorga un 70% de cloro disponible (10.000 ppm)

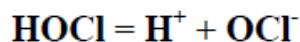
El hipoclorito de calcio, tiene total y rápida disolución en agua; soluciones de hipoclorito de calcio eliminan virtualmente todas las bacterias, algas, hongos y otros microorganismos en forma rápida y a bajo niveles de tratamiento, ya que la mayoría de estos son sensibles al cloro. El hipoclorito de calcio tiene la ventaja de ser estable en concentración y contenido de cloro disponible en el tiempo, además de fácil almacenamiento.

La reacción que ocurre con el hipoclorito de calcio es:



Durante el proceso químico de la desinfección se producen compuestos tales como cloraminas, dicloraminas y tricloraminas en presencia de amoníaco en el agua. Las cloraminas sirven igualmente como desinfectantes aunque reaccionen de una manera sumamente lenta. Asimismo, se forman el ácido clorhídrico (HCl) y los hidróxidos de calcio y sodio, los cuales no participan en el proceso de desinfección.

La especie desinfectante es el ácido hipocloroso (HOCl), el cual se disocia en iones hidrogenios (H⁺) e hipoclorito (OCl⁻) y adquiere sus propiedades oxidantes:



Ambas fracciones de la especie son microbicidas y actúan inhibiendo la actividad enzimática de las bacterias y virus y produciendo su inactivación

3.8.2. Cálculo de la cantidad de reactivo a ingresar al tanque de almacenamiento

Se pretende calcular la cantidad de hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) que serán añadidos al tanque de almacenamiento para lograr una buena desinfección del agua .

La solución comercial de hipoclorito de calcio que se tiene en la planta industrializadora PIL TARIJA se encuentra a una dosis de 50 mg/l y la concentración de cloro del hipoclorito de calcio es de 60% (datos adquiridos por la PIL TARIJA)

Con los siguientes datos se procede al cálculo de la cantidad de reactivo a utilizar para desinfectar 9000 litros de agua.

$$P = \frac{D \times G}{\% \times 10}$$

Donde:

P= peso de hipoclorito de calcio

D=Volumen de agua a tratar

G= dosis de hipoclorito

%= porcentaje de cloro

10= factor de corrección

$$P = \frac{9000 \text{ l} \times 1 \text{ mg/l}}{60\% \times 10}$$

$$P = 15 \text{ gr de hipoclorito}$$

3.9. SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS.-

Para el dimensionamiento de equipos se trabajará con datos proporcionados de la PIL TARIJA y con datos de bibliografía especializada en el diseño de equipos, es importante resaltar que el dimensionamiento del tanque de almacenamiento y el tanque pulmón serán el mismo ya que se optó de proporcionar de un tanque pulmón después del proceso de potabilización para que la planta pueda disponer del agua para otros procesos u otros productos.

El dimensionamiento del filtro de arena y carbón activado se hará en uno solo puesto que hoy en día las nuevas tecnologías nos permiten tener en un solo filtro la arena y el carbón activado.

Para el dimensionamiento del equipo se tomará como base de cálculo un volumen de 15000 l de agua a ser procesada.

3.9.1. Tanque pulmón y tanque de almacenamiento.-

Determinación del diámetro del tanque

$$V = A \times H$$

$$V = \pi \times r^2 \times H$$

$$V = \pi \times \frac{D^2}{4} \times H$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times H}}$$

Donde:

D= diámetro de los tanques (m)

V= volumen del tanque (m³)

H= altura de los tanques (m)

A= área del círculo

r= radio del tanque

Para el dimensionamiento de los tanques se considera un volumen de 15 m³ y una altura de 3 m. por tanto:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 15\text{m}^3}{\pi \times 3\text{m}}}$$

$$D = 2.5 \text{ m}$$

Para el cálculo del área del tanque tenemos:

$A_{\text{tanque}} = \text{área lateral del cilindro} + \text{área del círculo}$

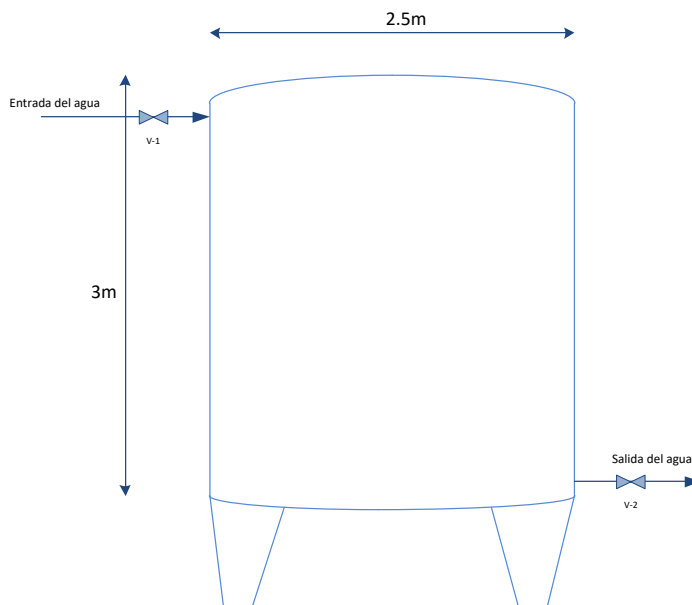
$$A_{\text{tanque}} = (2\pi \times r \times H) + 2(\pi \times r^2)$$

$$A_{\text{tanque}} = (2\pi \times 1,25\text{m} \times 3\text{m}) + 2(\pi + (1,25\text{m})^2)$$

$$A_{\text{tanque}} = 33,38 \text{ m}^2$$

Figura III- 3

Tanque de almacenamiento



3.9.2. Filtros de carbón activado.-

Para el proyecto se utilizará un filtro de carbón activado y arena juntos ya que en su diseño son muy parecidos, lo único que para el carbón activado se recomienda una velocidad de filtración de 6,76 m³/hm² para una altura de 70 cm y se tomará una altura del filtro de 2 m (Ivan Olivares)

Por tanto:

Materia filtrante	altura
1. Grava gruesa (12-18 mm)	hasta cubrir colectores
2. Grava fina (6-9 mm)	10 cm
3. Arena gruesa (2-4)	10 cm
4. Carbón activado (1-1.5mm)	70 cm

4.8.2.1. Para calcular el área de filtración tenemos:

$$A = \frac{Q}{VF}$$

Dónde:

A= Área del filtro en (m³)

Q=Caudal requerido de agua filtrada (m³/h)

VF= Velocidad de filtración (m³/hm²)

$$A = \frac{15 \text{ m}^3}{6,76 \text{ m}^3/\text{hm}^2}$$

$$A = 2.22 \text{ m}^2$$

Para el cálculo del diámetro

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{2,22 \times 4}{\pi}}$$

$$D = 1.68m$$

Calculo del área total del filtro de carbón activado

A_{total} = Área del cilindro + área del círculo

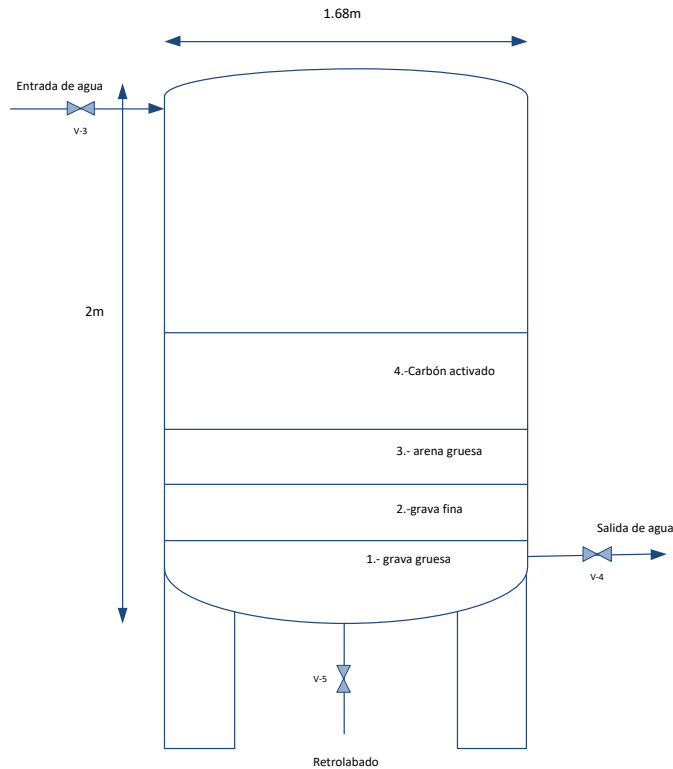
$$A_{total} = (2 \times \pi \times r \times H) + (2 \times \pi(r^2))$$

$$A_{total} = (2 \times \pi \times 0,84 \times 2) + (2 \times \pi(0,84^2))$$

$$A_{total} = 14.99 m^2$$

Figura III- 4

Filtro de arena y carbón activado



3.9.2.1. Filtro de carbón activado casero.-

Se construyó un filtro de carbón activado para realizar el análisis sensorial del agua puesto que esta arrastra olor y un sabor a leche en polvo debido a su procedencia de los evaporadores de leche; con la elaboración del siguiente filtro se pretende retener todos los olores y sabores que esta pueda arrastrar, para posteriormente realizar un análisis sensorial de las muestras tratadas para verificar y comparar con otras aguas.

Para la elaboración del filtro se adquirió carbón activado granulado el cual en un primer paso se determinó su porosidad.

Para la determinación de la porosidad se pesó una probeta de 25 ml en una balanza de precisión y luego se taró el peso de la probeta; posteriormente se adicionó el carbón activado hasta cubrir la escala de 25 ml de la probeta y se procedió a pesar el carbón activado que contenía en la probeta. Por último se midió una determinada cantidad de agua en una segunda probeta y se adicionó a la primera probeta hasta que el agua llegue a la escala de los 25 ml.

El agua gastada para cubrir la probeta de 25 ml con carbón activado nos da el volumen de los poros del carbón activado.

$$P_{\text{probeta 1}} = 41,7969 \text{ gr}$$

$$P_{\text{carb.act.}} = 16,1318 \text{ gr} \quad \gg \quad V_{\text{Total}} = 25 \text{ ml}$$

Figura III- 5

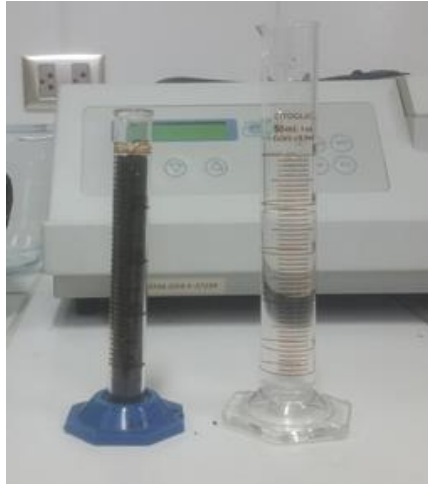
Probeta con carbón activado



Volumen de agua medido en la probeta 2 = 50ml

Volumen gastado de agua en la probeta 1= 13ml = volumen de los poros de carbón activado (V_p)

Figura III- 6
Medición de volumen de los poros



$$\varepsilon = \frac{V_p}{V_{Total}}$$

$$\varepsilon = \frac{13 \text{ ml}}{25 \text{ ml}}$$

$$\varepsilon = 0,52$$

Donde:

ε = porosidad del carbón activado

V_p = volumen de los poros

V_{total} = volumen total en la probeta 1

La elaboración del filtro del carbón activado se realizó en una botella de vidrio en cuya salida del pico se adaptó una válvula de globo para tener un tiempo de retención

del agua en el carbón activado. La parte angosta de la botella se relleno con algodón, sobre el cual se puso 2 láminas de papel filtro y como última capa, se puso una cantidad determinada de carbón activado.

$$P_{carb.act.} = 270,001gr$$

Teniendo en cuenta la siguiente relación

$$P_{carb.act.} = 16,1318gr \quad \gg \quad V_{Total} = 25ml$$

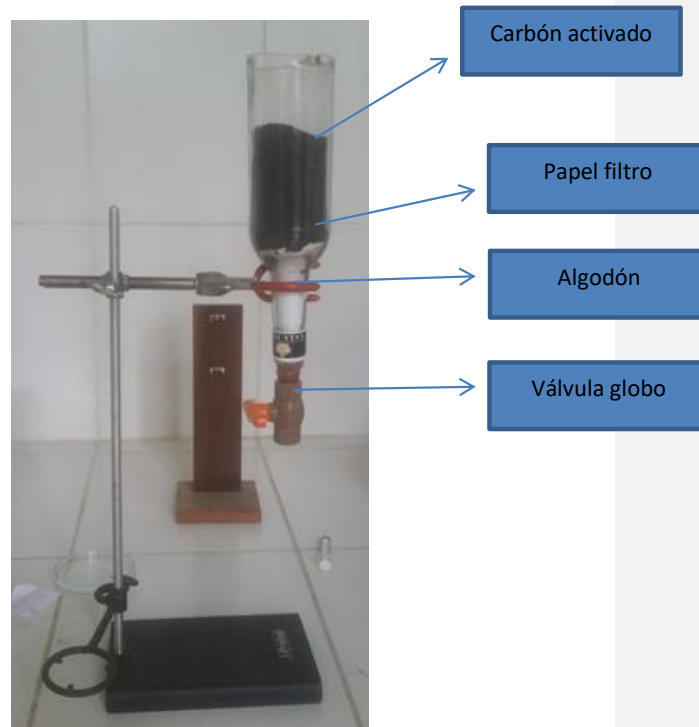
Podemos determinar el volumen ocupado del carbón activado en la botella

$$V_{ocupado} = \frac{270,001 gr \times 25ml}{16.13gr}$$

$$V_{ocupado} = 418,47 ml$$

Figura III- 7

Filtro casero de carbón activado



Posteriormente se midió en una probeta 250 ml de agua a tratar y se vertió en el filtro de carbón activado dando distintos tiempos de retención para seleccionar la mejor filtración para el agua; para esto se realizó la siguiente tabla:

Tabla III- 5

Tiempos de retención del agua

Tiempo de retención	Volumen adicionado	Muestra	Ph
15min	250ml	M1	7,92
30 min	250ml	M2	7,95
45min	250ml	M3	8,2

Fuente: elaboración propia

Figura III- 8 Agua en reposo en el carbón activad Figura III- 9 Medición del Ph



Figura III- 10 Muestras recolectadas



Se seleccionó la muestra numero 2 ya que a mayor tiempo en el carbón activado el Ph se hace más alcalino y considerando que un agua pura tendría que estar cerca de un Ph neutro es decir $\text{Ph} = 7$ se seleccionó la muestra número 2 y se procedió a burbujear el agua para incorporarle oxígeno al agua. Este proceso se realizó con un burbujeador de pecera estableciendo distintos tiempos de burbujeo

Figura III- 11
Burbujeo del agua



Tabla III- 6
Tiempos de burbujeo del agua

Tiempo de burbujeo	Volumen adicionado	Muestra	Ph
10 min	250ml	M1	7,91
20 min	250ml	M2	7,93
30 min	250ml	M3	8.1

Una vez obtenida el agua tratada se procedió a hacer una encuesta a 10 personas, de forma aleatoria, dando como parámetros los siguientes

- Normal =1
- Raro = 2
- Alto = 3
- Bajo = 4

Donde:

Agua 1= agua proveniente de los evaporadores

Agua 2= agua procesada

Agua 3= agua vital

Tabla III- 7

Encuestas realizadas del producto terminado

Tipo de agua	olor					sabor					color					acidez					turbiedad					imperfecciones								
Agua 1	2	2	2	3	3	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	4	4	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2		
	1	2	3	1	2	2	2	2	3	2	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3		
Agua 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	2	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	4	4	2
	1	1	1	2	1	1	2	1	1	4	1	1	1	1	2	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Agua 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	4	1	4	4	1	4	4	1	4	1	4	4	4	4	4	4		
	1	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4		

Como se puede ver, las personas que probaron las muestras detectaron que el agua 1 tenía un sabor y olor raro, pero encontraron muy poca diferencia entre el agua procesada y el agua vital, incluso algunos aseguraron que el agua procesada era el agua vital.

3.9.3. Selección del esterilizador de agua para el proceso.-

Figura III- 12

Esterilizador que se usará



3.9.3.1. Características del equipo.-

Los purificadores de agua UVW-225 tiene una capacidad de proceso: 15.000 litros/hora pueden destruir efectivamente los contaminantes biológicos y químicos tales como el moho, bacterias, esporas, virus, polen, alérgenos, compuestos orgánicos volátiles y miles de otros contaminantes presentes en el agua.

Este equipo para purificación de agua, posee en su interior una lámpara Germicida de Alta potencia, del alto espectro (254 nm) que elimina a su paso y en contacto directo la carga orgánica presente en el agua. Son de uso continuo, reducido mantenimiento, tiene un bajo consumo eléctrico.

Los equipos UVW para purificación de agua, son fabricados en Fibra de Vidrio o Acero Inoxidable

Entre sus características fundamentales se tiene:

Aplicación: Desinfección de Agua.

- **Turbiedad de entrada: 5 NTU (máx).**
- Voltaje de trabajo: 110 V - 60 Hz.
- Consumo Eléctrico: 18 Wattios/hora.
- Tipo de lámpara: UV-C presión de Mercurio.
- Rango de Radiación UV: 254 nm.
- Potencia Radiación UV: 225 Wattios
- Vida Útil lámp UV: 8.000 horas
- Eficiencia de Desinfección: 99.9%
- Fabricación: AISI 304 + PVC.
- Horas de Operación: 12/24 horas/día
- Acometidas hidráulicas: 1 1/2"
- Medidas (largo x Alto): 50 x 25(cms)
- Peso Aproximado: 4 kg

(Fuente: nyf de Colombia)

3.9.4. Selección de la embotelladora de agua.-

Para el presente proyecto se dispone de una embotelladora de marca Shouda modelo CGF. La máquina es de llenado de agua que consiste en lavado-llenado-y tapado, todo juntos.

Se puede llenar agua mineral, agua pura y agua destilada; la maquina permite el llenado de los diferentes tipos de botellas. Se utiliza normalmente para el llenado de agua potable. Sin embargo, también se puede utilizar para el llenado de botellas de PET con jugo de fruta. Tiene una capacidad de embotellar 2000-30000 bph y es completamente de acero inoxidable.

Figura III- 13

Embotelladora de agua seleccionada



3.10. CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS EQUIPOS.-

En este punto solo se considerará los equipos que consuman energía en el proceso para cuantificar el total de energía consumida en el proceso.

- Consumo de energía del esterilizador UV

El esterilizador UV consume 18 Wattios/hora y se establecerá que se trabajara 5 horas por cada 4 días de la semana ; entonces el cálculo de potencia sería:

$$18 \frac{\text{wattios}}{h} \times 20 \frac{h}{\text{semana}}$$

$$= 360 \frac{\text{wattios}}{\text{semana}} \times 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{1 \text{ año}} = 17,28 \text{ KW/año}$$

Por tanto, el consumo de la lámpara UV es de 17,28 KW/año

- Consumo de energía de la embotelladora

La embotelladora de agua es capaz de consumir 200 wattios /h tomando en cuenta que se trabajaran 5 horas por día; el cálculo de la potencia sería:

$$200 \frac{\text{wattios}}{h} \times 20 \frac{h}{\text{semana}}$$

$$= 4000 \frac{\text{wattios}}{\text{semana}} \times 4 \frac{\text{semana}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 192 \text{ Kw/año.}$$

Por tanto, el consumo de energía de la embotelladora será 192 Kw/año.

- Consumo de energía de las bombas:

Tabla III- 8

Consumo de energía de las bombas

EQUIPO	TIPO	POTENCIA
Bomba 1	Centrifuga	10Kw
Bomba 2	Centrifuga	10Kw
Bomba 3	Centrifuga	10Kw
	total	30kw

Fuente: Elaboración propia

Donde el consumo de energía de las 3 bombas sería:

$$30 \frac{\text{wattios}}{h} \times 20 \frac{h}{\text{semana}}$$

$$= 600 \frac{\text{wattios}}{\text{semana}} \times 4 \frac{\text{semana}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 28.8 \text{ Kw/año}$$

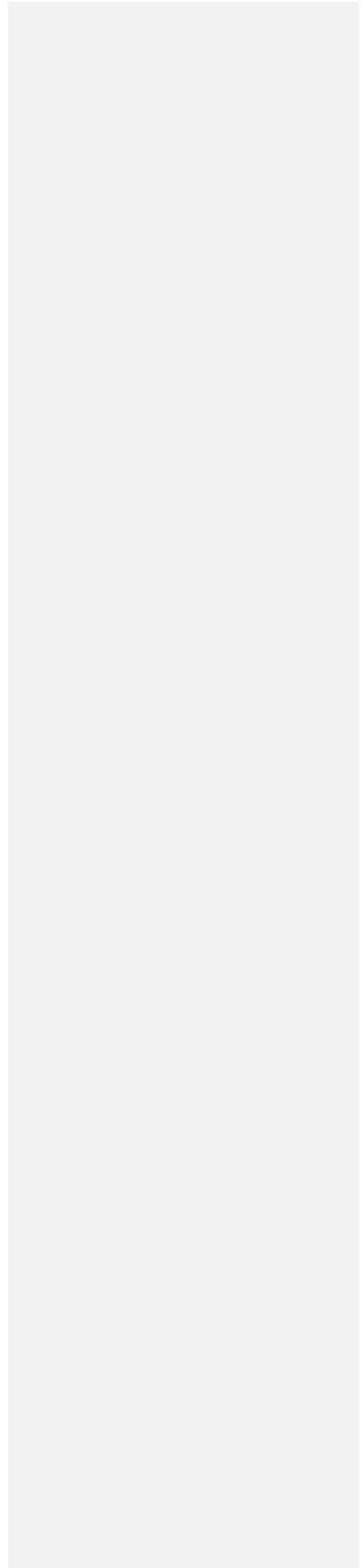
Se tiene un consumo de 28.8 Kw/año

Tabla III- 9
Consumo total del proceso

EQUIPO	CONSUMO DE ENERGÍA KW/AÑO
Esterilizador UV	17,28
Embotelladora	192
Bombas	28,8
Total	238,08

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV



IMPACTO AMBIENTAL Y ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO.-

Se evaluará el impacto ambiental del proyecto por medio de una ficha de impacto ambiental (TEJERINA OLLER JORGE LUIS)

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

- Se realizará una valoración sobre los factores:
 - Suelo
 - Aire
 - Agua

- Localización del impacto ambiental. (Coordenadas UTM X e Y)
- Breve descripción Ambiental.
- Descripción del impacto Ambiental.
- Registro fotográfico.
- Causa u Origen.
- Tipo de impacto Ambiental.

**PLANTA INDUSTRIALIZADORA DE LECHE – PIL TARIJA
FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

1.- LOCALIZACIÓN

Barrio Aeropuerto UBICACIÓN COORDENADAS UTM X: 21°32.695'S Y: 64°42.424'O

2.- BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

Pil es una industria procesadora de lácteos que se provee de agua potable a través de dos pozos de agua. Las aguas residuales que se generan son descargadas en el sistema de alcantarillado sanitario de COSSALT para que sean tratadas en la Planta de Tratamiento ubicada en San Luis; este servicio se provee a través de un contrato específico para tal efecto. Los residuos sólidos son recolectados por EMAT a través del servicio que proveen a las industrias de acuerdo a tasa oficial.

3.- DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

El análisis se centra en la generación de agua en el sistema de evaporación que tiene Pil – Tarija en su Planta de Procesamiento de Leche. La leche fluida llega a este punto con una cantidad promedio de materia grasa de 2,8 % y sólidos Totales de 11,6 para salir del proceso de evaporación con un promedio de materia grasa de 12,6 % y sólidos Totales de 56,2 generando un volumen de 9483.26 litros de agua, más 1380.42 litros de agua que provienen del proceso de secado, haciendo un total disponible de 10863.68 litros de agua eliminada por proceso de 12000 litros de leche estandarizada

4.- CAUSAS / ORIGEN

En la actualidad se genera 10863.68 litros, de agua que es mezclada con otras corrientes de aguas residuales que provienen de distintos sectores de producción de la planta y en conjunto son descargadas al sistema de recolección de aguas residuales de COSSALT para que sean transportadas al sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de San Luis, lo cual genera un caudal y carga contaminante importante.

5.- TIPOS DE IMPACTOS AMBIENTALES

Alteración de la calidad del agua	Sí	Contaminación del suelo	-	Rutas de acceso obstruidas o con escaso mantenimiento	-
-----------------------------------	----	-------------------------	---	---	---

Cambios en la flora y fauna acuática -	Alteración de la calidad paisajística -.	Posibilidad de conflictos sociales e intereses económicos -
Alteración de la calidad del aire -	Peligro de ocurrencia de accidentes -	Posibilidad de efectos negativos Si sobre la salud de las personas
6.- POBLACIÓN, INSTITUCIÓN O UNIDAD EMPRESARIAL COMPROMETIDA CON EL IMPACTO AMBIENTAL		
<p>La Planta Industrializadora de Leche inició sus operaciones como parte de la ya desaparecida CORPORACIÓN BOLIVIANA DE FOMENTO el 17 de Enero de 1978; luego, por el decreto 21060, pasó a ser dependiente de la CORPORACIÓN DE DESARROLLO DE TARIJA (CODETAR).</p> <p>Esta industria cuenta con la infraestructura necesaria: agua, energía eléctrica, vías de acceso, gas, etc., para desarrollar sus actividades cotidianas; su actividad principal es la elaboración de leche y sus derivados, viniendo a convertirse en un pilar muy importante para el desarrollo de la ganadería en la región, pues la leche es suministrada por productores de diferentes localidades de nuestro departamento en cantidades progresivamente crecientes.</p> <p>La Planta Industrializadora de Leche P.I.L. S.A. Se encuentra ubicada en el sudeste de la ciudad de Tarija, en la zona industrial de Morros Blancos, carretera a Bermejo, Kilómetro 2.</p>		
7.- REGISTRO FOTOGRÁFICO		



Como se puede evidenciar, el impacto ambiental del proyecto está focalizado en el incremento de aguas residuales que genera toda la planta, aumentando el caudal de agua contaminada al mezclarse con aguas provenientes de otros procesos (mantequilla, lavado de pisos, lavado de tanques,) que son altamente contaminantes principalmente por su elevada carga orgánica. Posteriormente esta llega al alcantarillado de COSSALT y desembocan en las lagunas de tratamiento de aguas residuales.

4.2. ANÁLISIS ECONÓMICO E INVERSIÓN DEL PROYECTO.-

4.2.1. Estructura de la inversión

La inversión a realizar en el proyecto se destinará en dos fines; a los bienes fijos o activos tangibles (maquinaria) y a los activos intangibles llamados también servicios (instalación de las máquinas, puestas en marcha); también se destinara la inversión de capital de trabajo o capital de operación

4.2.1.1. Detalles de la inversión.-

El detalle de la inversión que se presenta a continuación toma en cuenta las cotizaciones de proformas realizadas en los equipos a utilizar en el presente proyecto

En el proyecto solo se procederá a detallar el costo de los equipos que se pretende implementar para que se realice el proyecto ya que en la actualidad la Pil cuenta con algunos equipos necesarios para la realización del proyecto

Equipos que tiene la empresa:

- ❖ **Piscina de oxigenación para agua**

Equipos que se implementara en el proyecto:

- ❖ **Tanque de almacenamiento**
- ❖ **Filtro de carbón activado y grava**
- ❖ **Tanque pulmón**
- ❖ **Luz UV**
- ❖ **Embotelladora**

4.2.1.2. Inversión en activos fijos.-

Este tipo se caracteriza por su materialidad y está sujeto a su depreciación la cual es su mecanismo por el cual se recupera la inversión fija. Se llama "fija" por que el

proyecto no podrá desprenderse de estos activos, sin que ellos perjudiquen a las actividades productivas. (Ernesto Auad 2017)

Entre los activos fijos del proyecto podemos mencionar los equipos, los insumos a utilizar en el tratamiento del agua y la infraestructura en la planta para la implementación de los equipos. Para la realización del proyecto son indispensables estos activos fijos mencionados.

4.2.1.3. Equipos

Incluye el valor monetario de estos bienes para la ejecución del proyecto. En esta parte de la inversión se toma en cuenta el costo de la tecnología utilizada; en sí el costo de la tecnología representa el total de todos los equipos que se necesitara para la realización de este proyecto.

Tabla IV- 1

Costos de equipos

COSTO DE EQUIPOS					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)
1	Tanque de acero inoxidable horizontal de capacidad de 15000 litros con soporte de 4 patas, para almacenamiento de agua	Pza	2	103950	207900
2	Filtro de carbón activado y arena de acero inoxidable con 4 patas de soporte con retrolavado y válvulas de control con capacidad de procesar 600 litros por hora	Pza	1	9.500,00	9.000,00
3	Bomba de agua de una capacidad de 1000 l/h de caudal y con una potencia de 2HP	Pza	3	2.000,00	6.000,00
4	Luz esterilizadora U.V. modelo UVW-225 tiene una Capacidad de proceso: 15.000 litros/hora	Pza	1	2.900,00	2.900,00

5	Embotelladora de marca Shouda modelo CGF. La máquina consiste en lavado-llenado-y tapado todo juntos. Tiene una capacidad de embotellar 2000-30000bph y es completamente de acero inoxidable.	Pza	1	97.000,00	97.000,00
				Total \$	322.800,00

Fuente: Elaboración propia, cotización en línea y con proveedores de equipos a la planta industrializadora PIL TARIJA 2017

4.2.2. Costos de inversión.-

Dentro de los costos de inversión consideramos la inversión fija, que se refiere a la inversión de los equipos y la inversión diferida (que son los costos de instalación y montaje de todos los equipos) y también se toma en cuenta el costo de insumos que se utilizara en el proyecto, lo cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla IV- 2

Reactivos

INVERSIÓN EN INSUMOS					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)
1	hipoclorito de calcio Ca(CLO)	kg/año	5,4	21	113,4

Fuente: Elaboración propia, cotización en línea y con proveedores de equipos a la planta industrializadora PIL TARIJA 2017

La inversión a realizarse para la adaptación del espacio, instalación y montaje de los equipos se estimó alrededor de los 60,000 Bs (Dato adquirido por la empresa PIL TARIJA)

Por tanto el total de inversión requerida será:

Tabla IV- 3
Inversión requerida

N°	DETALLE	VALOR EN BS
1	a) Inversión fija	
	✓ Tanques de almacenamiento y tanque pulmón	207900
	✓ Filtro de carbón activado y arena	9.000,00
	✓ Bomba de agua	6.000,00
	✓ Luz esterilizadora U.V	2.900,00
	✓ Embotelladora	97.000,00
2	b) Inversión diferida	
	✓ Montaje e instalación	60.000,00
	Otros	
	✓ Reactivos	113,4
INVERSIÓN TOTAL(1+2)		382913,4

Fuente: Elaboración propia 2017

Como se puede evidenciar en la tabla Tabla IV-3, el costo de implementación del proyecto tomando en cuenta las inversiones fijas y las inversiones diferidas se llegó a que el costo del proyecto es de 382913,4 Bs

Tabla IV- 4
Cantidad de botellas y costo total

Año	Cantidad de agua generada en l/año	Cantidad de botellas de 600ml	Cantidad de botellas de 2000ml	Costo del envase de 600ml	Costo del envase de 2000ml	Costo total de los envases (Bs)
1	2592000	1728000	777600	1.555.200	1.010.880	2.566.080

Fuente: elaboración propia 2017

En la tabla Tabla IV-4 se observa la cantidad de botellas a utilizar por la empresa tomando en cuenta que del total de producción de agua por año de la planta el 40% será destinada a botellas de 600ml y el 60% será destinado a la producción de botellas de 2000ml; también es calculado el costo anual de la cantidad de botellas a utilizar

sabiendo que cada botella de 600 ml cuesta 0,9 centavos de boliviano y que la botellas de 2000 ml cuestan 1,3 bolivianos (datos proporcionados por la empresa PIL TARIJA)

Por tanto el costo a invertir en el proyecto será:

Costo de inversión total (maquinas e insumos) + costo de los embaces

Costo total = 382913,4 + 2.566.080 = **2.948.993,4 Bs**

4.2.3. Calculo de la depreciación.-

Para calcular la depreciación solo consideraremos los costos de los equipos en las inversiones fijas. (Paredes, R "proyecto e inversiones " 1994)

$$D = \frac{V.I.}{n}$$

Donde:

D = depreciación anual

V.I. = valor inicial

n = años de vida del activo fijo

Tabla IV- 5

Depreciación de los equipos

Descripción	Vida útil	Valor del equipo en Bs	Depreciación Bs/año
Tanque de almacenamiento	10	207900	20790
Tanque pulmón	10	207900	20790
Filtro de carbón activado	10	9.000,00	900,00
bomba de agua	10	6.000,00	600,00
Luz esterilizadora U.V.	10	2.900,00	290,00
Embotelladora	10	97.000,00	9.700,00
	TOTAL		53.070

Fuente: elaboración propia 2017

4.2.4. Costo unitario del producto.-

El costo unitario indica el costo de producir una unidad o bien, o servicio para cada año de producción y está dado por la siguiente relación:

$$C.U.P. = \frac{C.T.}{Q.T.}$$

Dónde:

C.U.P = costo unitario de producción.

C.T. = costo total

Q.T. = cantidad total

4.2.4.1. Precio de venta.-

El precio de venta del producto podemos determinarlo por la siguiente ecuación:

$$Pv = C.U.P. \times (1 + h)$$

Donde "h" representa el porcentaje de utilidad que se espera obtener para cada unidad del producto. Se asume un porcentaje del 35% . (Paredes, R "proyecto e inversiones " 1994)

Por tanto, el costo unitario de producción y el precio de venta por año de producción sería:

Tabla IV- 6

Costo unitario y precio de venta (bot.600ml)

Año	COSTO TOTAL (CT) EN BS	COSTO TOTAL DE BOT./AÑO (QT)	COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN	PRECIO DE VENTA
1	2948993,4	1.555.200	1,9	2.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV- 7

Costo unitario y precio de venta (bot.2000ml)

Año	COSTO TOTAL (CT) EN BS	COSTO TOTAL DE BOT./AÑO (QT)	COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN	PRECIO DE VENTA
1	2948993,4	1.010.880	2.92	3.94

Fuente: Elaboración propia

4.3. COSTOS E INGRESOS POR AÑO.-

Para realizar el costo anual se consideró la disminución del valor de los equipos, la depreciación, el consumo de los reactivos.

Para el cálculo de los costos de producción se considera los equipos que se utilizara para el tratamiento del agua, reactivos y también consideraremos el costo energético de los equipos

El kw/h de energía tiene un costo de 0,96 centavos de boliviano para la categoría industrial (dato proporcionado por la empresa SETAR, Tarija 2017)

Tabla IV- 8
Proyección de costos en un año

N°	DETALLE	INSTALACIÓN	AÑO
		0	1
1	Ingresos de ventas		7.049.376
	Botellas de 2000ml		2.884.896
	Botellas de 600ml		4.164.480
2	Costos totales (a+b)		5.609.703,97
	a) Costos fijos		5.607.090,57
	Depreciación		53.070
	Costos de producción y operación		5.553.791
	Costo de energía		228,57
	b) Costos variables		2.613,4
	Salario de personal encargado		2.500
	Reactivos e insumos		113,4
3	Utilidad bruta (1 – 2)		1.439.672.03
4	Impuestos 25% (3 x 0.25)		359.918,0075
5	Utilidad neta (3 - 4)		1.079.754,023
	Inversión fija (-)	- 2.948.993,4	
	FLUJO NETO	- 2.948.993,4	1.079.754,023
	Taza de actualización	14%	
	VAN	1.120.046,67	

Fuente: elaboración propia 2017

4.3.1. Cálculo de evaluadores del proyecto: (V.A.N.); (T.I.R.); (P.R.).-

- **V.A.N.-**

La fórmula para calcular el valor actual neto según (Paredes, R "proyecto e inversiones" 1994) es:

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3} + \frac{FN_4}{(1+i)^4} + \frac{FN_5}{(1+i)^5}$$

El VAN es un indicador para corroborar si el proyecto es rentable y es apto para su implementación.

En esta ocasión el proyecto planteado tiene un VAN = **1.093.730,9** esto quiere decir que el proyecto es aceptado y rentable para su implementación

• **T.I.R.-**

La T.I.R. o tasa interna de retorno representa la tasa de rendimiento financiero del dinero invertido en el proyecto, es decir, cuánto ganaría anualmente el proyecto sobre el monto total invertido.

También se puede señalar que la T.I.R es aquella tasa de actualización que aplicada al flujo neto logra que el V.A.N. del proyecto sea igual a 0.

$$T.I.R = i_1 + (i_2 - i_1) \times \left(\frac{V.A.N_1}{V.A.N_1 + V.A.N_2} \right)$$

Donde:

i_1 = tasa de descuento del último V.A.N positivo

i_2 = tasa de descuento del último V.A.N negativo

V.A.N₁= valor actual neto, obtenido con i_1

V.A.N₂= valor actual neto, obtenido con i_2

Por tanto, para el cálculo de la T.I.R en el proyecto será :

$i_1=43$

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3} + \frac{FN_4}{(1+i)^4} + \frac{FN_5}{(1+i)^5}$$

V.A.N₁=-2062233,15+755072,74+538022,9+369246,78+258214,53+180569,60

V.A.N₁= 28893.4

$i_2=45$

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3} + \frac{FN_4}{(1+i)^4} + \frac{FN_5}{(1+i)^5}$$

$$V.A.N_2 = -2033788,55 + 744657,95 + 513557,2 + 354177,38 + 244260,26 + 168455,35$$

$$V.A.N_2 = -8680,41$$

$$T.I.R = i_1 + (i_2 - i_1) \times \left(\frac{V.A.N_1}{V.A.N_1 + V.A.N_2} \right)$$

$$T.I.R = 43 + (45 - 43) \times \left(\frac{28893,4}{28893,4 + 8680,41} \right)$$

$$T.I.R = 34,60 \%$$

Obtenido el valor de la TIR = 34,60 % esto quiere decir que si calculamos el VAN con un $i = 34,60\%$ el VAN=0.

Si asume un costo de oportunidad del capital invertido del 14 % (valor asumido en el proyecto) entonces el dinero invertido rinde el 20,6% anual por encima de lo que se hubiere ganado depositando ese dinero en el banco al 14% de interés o en otras alternativas de inversión.

- **P.R.-**

El PR (periodo de recuperación) es un evaluador que nos permite determinar por medio del VAN el tiempo en el que el proyecto pagará su implementación y empezará a generar ganancias en la industria.

Para calcular el PR se calcula el VAN hasta el año en el que el VAN sea un valor positivo; eso quiere decir que a partir de ese año el proyecto empieza a generar ganancia netas a la empresa.

P.R. en el año 1.-

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1}$$

$$VAN = -1639683,67$$

P.R. en el año 2.-

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2}$$

$$VAN = -808848,01$$

P.R. en el año 3.-

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3}$$

$$VAN = -80044,8$$

P.R. en el año 4.-

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3} + \frac{FN_4}{(1+i)^4}$$

$$VAN= 559256,26$$

Como se puede observar por el cálculo del P.R. en el 4^{to} año el proyecto se empezará a generar ganancias netas para la empresa PIL TARIJA.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.-

Para el presente proyecto realizado se puede sacar las siguientes conclusiones:

- Dentro de las alternativas planteadas, se puede identificar que la mejor manera de reutilización del agua proveniente de los evaporadores es la elaboración de agua embotellada ya que el estudio económico y técnico demuestra la factibilidad de implementación de esta alternativa
- Por medio del análisis sensorial realizado se pudo evidenciar que los olores y sabores del agua de evaporación pueden ser eliminados por medio de carbón activo, hasta el punto de tener un agua que es confundible para la gente con el agua de mesa Vital , lo cual es un indicativo de gran referencia sobre el actuar del filtro de carbón activado sobre el agua.
- En cuanto a los equipos a implementar en el proyecto estos son reducidos además de que la industria PIL Tarija ya cuenta con algunos equipos necesarios en el proyecto, además que estos equipos no son muy complicados y no requieren de una alta inversión.
- En el análisis de impacto ambiental se puede evidenciar que el agua generada en el proceso de elaboración de leche en polvo, al no arrastrar contaminantes de gran importancia, el único impacto ambiental que genera es que al mezclarse con otras aguas de la empresa que sí son contaminadas aumenta el caudal de agua contaminante ya que son vertidos 10863,68 l de agua que al mezclarse desembocan en el alcantarillado sanitario de COSSALT.
- Se realizó un análisis económico donde se pudo evidenciar por el cálculo de los indicadores (VAN; TIR; PR;) que el proyecto es rentable y que a partir del 4to año el proyecto generará recursos netos a la empresa; por tanto el proyecto es aceptado para su implementación en la planta industrializadora PIL Tarija S.A.

5.2. RECOMENDACIONES.-

Cumpliendo con el proyecto para la empresa PIL Tarija S.A. se propone las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda a la empresa PIL Tarija S.A. la implementación del proyecto ya que se pudo evidenciar en el análisis económico que la implementación del proyecto es rentable, además que ahorrará costos en la empresa al no utilizar grandes cantidades de agua de pozo favoreciendo en el consumo por COSSALT. Al igual que también generará un impacto ambiental al no aumentar el caudal de agua contaminada que es desechada por el alcantarillado público para posteriormente ser tratada en las lagunas de oxidación de San Luis.
- Se recomienda una vez que el agua sea potabilizada y almacenada en el tanque pulmón controlar las variables de Ph, sólidos en suspensión y hacer un análisis organoléptico para controlar que el agua esté en óptimas condiciones para ser embotellada y posteriormente introducirlo al mercado para su posterior venta a la población.
- Para mantener un estado de calidad bueno del agua se recomienda realizar comparaciones periódicamente con aguas embotelladas de otras empresas reconocidas internacionalmente como ser la NESTLE, vital, para mantener un producto de alta calidad y aceptado por la población
- Se recomienda, si se utilizará la embotelladora para envasar otros productos como ser jugos de frutas, karpil, leche. Que esta debe ser limpiada óptimamente y posteriormente desinfectada con vapor de agua para evitar que el agua arrastre olores o sabores de productos no deseados.