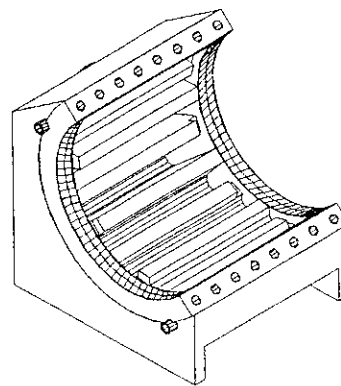


**DISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE
CHUMACERAS PARA UN TÁNDEM DE
MOLINOS EN EL INGENIO PANTALEÓN**



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Mecánica



DISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE
CHUMACERAS PARA UN TÁNDEM DE MOLINOS
EN EL INGENIO PANTALEÓN

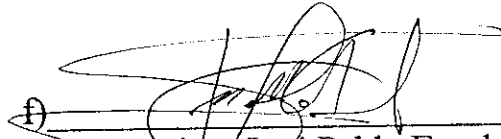
RICARDO ANTONIO VARGAS AMÉZQUITA

Trabajo de Graduación presentado para optar el Título de
Ingeniero Mecánico en el grado de Licenciado

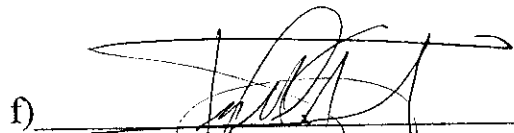
Guatemala

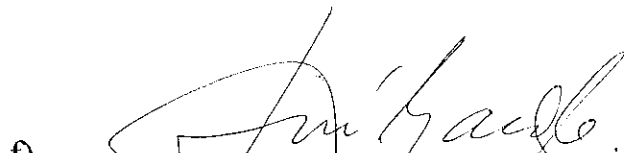
2001

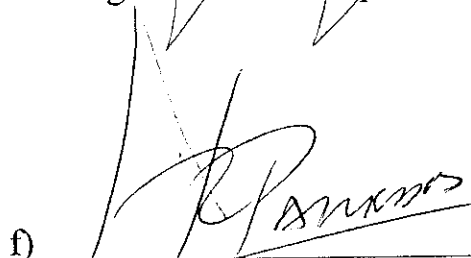
Vo. Bo.:

f) 
Ingeniero José Pablo Escalante Pastor
Asesor

Tribunal:

f) 
Ingeniero José Pablo Escalante Pastor

f) 
Ingeniero José Joaquín Garoz

f) 
Ingeniero Carlos Paredes

Fecha de Aprobación:

20 de abril de 2001

CONTENIDO

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN _____	1
II. OBJETIVOS _____	3
A. GENERAL _____	3
B. ESPECÍFICOS _____	3
III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS _____	4
A. Historia _____	4
B. Operación _____	5
C. Tándem de Molinos de Mazas _____	6
1. Vírgenes _____	6
2. Cilindros _____	7
a. Messchaert _____	9
b. Chevrones. _____	10
3. Guardajugos _____	11
4. Piñones y Coronas _____	11
5. Acumulador _____	13
a. Tuberías de Presión Hidráulica _____	14
b. Bomba de Presión Hidráulica _____	15
6. Cabezotes y Pistones Hidráulicos _____	15
a. Pistones _____	16
b. Sellos _____	16

7. Engranés _____	17
8. Cuchillas y Raspaderos _____	19
9. Impulsores de los Molinos _____	20
10. Chumaceras _____	21
a. Cajas de chumaceras _____	21
b. Lubricación _____	22
c. Guías _____	22
11. Conductores Intermedios _____	23
12. Alimentadores _____	24
13. Conductor de Bagazo _____	26
D. Sistema de Enfriamiento _____	27
IV. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN CIRCUITO ABIERTO _____	29
A. Descripción _____	29
1. Ubicación _____	29
2. Sistema de Enfriamiento del Tándem _____	29
3. Calentamiento de las Chumaceras _____	32
4. Dependencia de Afluentes Cercanos _____	35
5. Contaminación de Aguas Servidas _____	36
6. Gastos _____	37
B. Análisis _____	38
1. Pérdidas en el Sistema de Tuberías _____	38
a. Sistema de Alimentación _____	39
b. Sistema de Desagüe _____	46
2. Calentamiento de las Chumaceras y Refrigerante _____	50

V. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN CIRCUITO CERRADO	57
A. Sistema de Enfriamiento del Tándem	57
B. Tipos de Tuberías y Bombas	57
a. Sistema de Admisión	61
b. Sistema de Desagüe	70
C. Enfriamiento del Refrigerante	74
D. Acondicionamiento del Refrigerante	80
Tratamiento de aguas	80
E. Resumen	81
F. Costos	82
VI. ANÁLISIS DE COSTO	88
Análisis Comparativo	88
VII. CONCLUSIONES	90
VIII. RECOMENDACIONES	91
IX. BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	94
Anexo 1	95
Anexo 2	99

Anexo 3	_____	100
Anexo 4	_____	101
Anexo 6	_____	103
Anexo 7	_____	105
APÉNDICE	_____	108
APÉNDICE A	_____	109
APÉNDICE B	_____	112
B.1. Rapidez de Flujo de Volumen de Agua	_____	112
B.2. Rapidez de Flujo de Volumen de Agua para cada Chumacera	_____	114
B.3. Presión Manométrica antes de la Válvula de Globo en la Tubería de Diámetro Nominal de ½"	_____	118
B.4. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"	_____	122
B.5. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	_____	131
B.6. Rapidez de Flujo de Volumen de Agua en cada Molino	_____	137
B.7. Presión Manométrica después de los Tanques de Desagüe de cada Molino	_____	138
B.8. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	_____	143
B.9. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"	_____	149

APÉNDICE C	154
C.1. Temperaturas de las Tejas	154
C.2. Transferencia de Calor por Convección Forzada o Libre	159
C.3. Rapidez de Transferencia de Calor	197
C.4. Calor absorbido por el Refrigerante	218
APÉNDICE D	238
D.1. Enfriamiento de las Cajas de Enfriamiento a Diferentes Caudales	238
D.2. Transferencia de Calor por Convección Forzada o Libre	277
D.3. Rapidez de Transferencia de Calor	280
D.4. Calor absorbido por el Refrigerante	283
D.5. Presión Manométrica antes de la Válvula de Globo en la Tubería de Diámetro Nominal de ½"	286
D.6. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"	289
D.7. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	297
D.8. Elevación de la Torre de Enfriamiento	303
D.9. Presión Manométrica después de los Tanques de Desagüe de cada Molino	307
D.10. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	312
D.11. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"	317
D.12. Cabeza de Bomba necesaria para la Torre de Enfriamiento	322
D.13. Gráfica de Operación de la Bomba	326

D.14. Entalpías a Diferentes Temperaturas _____	327
D.15. Área Transversal y Altura de la Torre de Enfriamiento _____	328
D.16. Comprobación de la Altura por medio de la Entalpía y Rellenos Teóricos _____	329
D.17. Gráfica de Funcionamiento del Ventilador _____	336

LISTA DE ILUSTRACIONES

No.	FIGURAS	PÁGINA
01	Virgen Cail	7
02	Ranuras de los rodillos de un molino vertical	8
03	Formación de la Messchaert por eliminación de un diente	9
04	Formación de la Messchaert sin eliminación de un diente	9
05	Chevrones. Molino con piñones altemados (Fives-Lille)	10
06	Colocación de los guardajugos	11
07	Vista lateral de las coronas del molino (Fives-Lille)	12
08	Caja de piñones (Fives-Lille)	13
09	Acumulador de aire aceite Munson (Fives-Lille)	14
10	Cabezote tipo Bayoneta (Fives-Lille)	17
11	Juegos de engranes con dos pasos	18
12	Efecto de la Cuchilla Central	19
13	Raspaderos Messchaert	20
14	Motores eléctricos (Siemens) para molinos provistos de reductores engranados a velocidad (Citröen)	21
15	Bronces superiores. La mitad de bronce superior está colocada junto a la mitad del bronce inferior	23
16	Bronce del cilindro inferior (ligeramente desplazado para mostrar los canales de recirculación de agua)	23
17	Conductor intermedio	24
18	Alimentador a presión (Walkers Limited)	26
19	Conductor simple para elevar y distribuir bagazo	27

No.	FIGURAS	PÁGINA
20	Diagrama que muestra el efecto de la temperatura del agua en la diferencia de entalpía entre el aire en contracorriente dentro de la torre y el aire saturado a la temperatura local del agua	76
21	El parámetro $1/(H_s - H_a)$ planteado como función de la temperatura local de agua en flujo contracorriente dentro de la torre de enfriamiento	331
22	Gráfica que representa el comportamiento de una torre de enfriamiento	332
23	Método de aproximación a la curva H_s con una línea recta para simplificación de cálculos	333
24	Valores del factor de corrección δh	334

No.	TABLAS	PÁGINA
2.1.	Rapidez de Flujo de Volumen	40
2.2.	Rapidez de Flujo de Volumen para cada Chumacera	41
2.3.	Coefficientes de Resistencia	42
2.4.	Presiones Manométricas (Entrada Tubería de ½")	43
2.5.	Cabezas de Energía	44
2.6.	Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"	44
2.7.	Rapidez de Flujo de Volumen para cada Molino	46
2.8.	Coefficientes de Resistencia	47

No.	TABLAS	PÁGINA
2.9.	Cabezas de Energía (Lado Espiga)	48
2.10.	Presión Manométrica (Salida Tubería de 1 ½")	48
2.11.	Cabezas de Energía	49
2.12.	Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	49
2.13.	Temperaturas de Chumaceras (Lado Espiga)	51
2.14.	Temperaturas de Chumaceras (Lado Coronas)	51
2.15.	Relación de Convección Forzada o Libre	52
2.16.	Rapidez de Transferencia de Calor	54
2.17.	Temperatura Final del Refrigerante	55
3.1.	Caudales Propuestos	59
3.2.	Eficiencia y Temperatura Final	60
3.3.	Relación de Convección Forzada o Libre	62
3.4.	Rapidez de Transferencia de Calor	63
3.5.	Eficiencia y Temperatura Final con 140 GPM	65
3.6.	Cabezas de Energía	67
3.7.	Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"	67
3.8.	Cabezas de Energía	71
3.9.	Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	72
3.10.	Entalpías del Agua y del Aire	75
A.1.	Dimensiones Tubo de Acero Calibre 40	109
A.2.	Propiedades Termo físicas del Agua	110
A.3.	Entalpía del Agua y Aire	111

No.	TABLAS	PÁGINA
B.1.	Cálculos de Rapidez de Flujo	113
B.2.	Cálculos de Rapidez de Flujo de Agua en cada Chumacera	115
B.3.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de ½"	121
B.4.a.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 3" (Lado Espiga)	127
B.4.b.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 3" (Lado Coronas)	129
B.5.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	135
B.6.	Rapidez de Flujo de Volumen de Agua en cada Molino	137
B.7.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 1 ½"	142
B.8.a.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 4" (Lado Espiga)	147
B.8.b.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 4" (Lado Coronas)	151
B.9.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"	153
C.1.a.	Temperaturas de las Tejas en el Tiempo Analizado (Lado Espiga)	155
C.1.b.	Temperaturas de las Tejas en el Tiempo Analizado (Lado Coronas)	157
C.2.a.	Relación de Convección Forzada o Libre (Lado Espiga)	160
C.2.b.	Relación de Convección Forzada o Libre (Lado Coronas)	178
C.3.a.	Rapidez de Transferencia de Calor (Lado Espiga)	199
C.3.b.	Rapidez de Transferencia de Calor (Lado Coronas)	208
C.4.a.	Calor entregado al Refrigerante (Lado Espiga)	219

No.	TABLAS	PÁGINA
C.4.b.	Calor entregado al Refrigerante (Lado Coronas)	228
D.1.a.	Relación de Convección Forzada o Libre	239
D.1.b.	Rapidez de Transferencia de Calor	258
D.1.c.	Calor entregado al Refrigerante	268
D.2.	Relación de Convección Forzada o Libre	272
D.3.	Rapidez de Transferencia de Calor	276
D.4.	Calor entregado al Refrigerante	280
D.6.a.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 3" (Lado Espiga)	293
D.6.b.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 3" (Lado Coronas)	295
D.7.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	301
D.8.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"	306
D.9.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 1 1/2"	311
D.10.a.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 4" (Lado Espiga)	315
D.10.b.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 4" (Lado Coronas)	316
D.11.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"	321
D.12.	Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"	325

No	GRÁFICAS	PÁGINA
1	Operación de Bomba DMH3	326
2	Ecuaciones de Aproximación	327

LISTA DE ABREVIATURAS

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
”	Pulgadas
°	Grados
° C	Grados Centígrados
° F	Grados Fahrenheit
BTU/h	Unidad Británica Termal por Hora
BTU/h ft ² °F	Unidad Británica Termal por Área por Hora por Grado Fahrenheit
Ft	Pies
ft ²	Pies Cuadrados
ft ³	Pies Cúbicos
ft/s	Pies por Segundo
ft/s ²	Pies por Segundo al Cuadrado
ft ³ /s	Pies Cúbicos por Segundo
Gal	Galones
GPM	Metros Cúbicos
K	Grados Kelvin
K ⁻¹	Inverso de Grados Kelvin
Kg	Kilogramos
kg/s	Kilogramos por Segundo
kg m/s	Kilogramos por Metro por Segundos
kg/m ³	Kilogramos por Metro Cúbico

SÍMBOLO**DESCRIPCIÓN**

kJ/kg K	Kilojoules por Kilogramo por Grado Kelvin
Lb	Libras
Lb/ft^2	Libras por Pie Cuadrado
Lb/ft^3	Libras por Pie Cúbico
lb s/ft^2	Libras por Segundo por Pie Cuadrado
m	Metros
m^2	Metro Cuadrado
m^3	Metros Cúbicos
min	Minutos
m/s	Metros por Segundo
m/s^2	Metros por Segundo Cuadrado
m^2/s	Metros Cuadrados por Segundo
m^3/s	Metros Cúbicos por Segundo
Psi	Pounds per Square Inch (Libras por pulgada cuadrada)
Pulg	Pulgadas
pulg^2	Pulgadas Cuadradas
Q	Quetzales
seg	Segundos
slugs/ft^3	Slugs por Pie Cúbico
W	Watts
W/K	Watts por Grado Kelvin
W/m K	Watt por Metro por Grado Kelvin
$\text{W/m}^2 \text{ K}$	Watts por Metro Cuadrado por Grado Kelvin

GLOSARIO

Aguas Servidas	Agua que fue utilizada en un servicio doméstico, comercial o proceso industrial.
Cabeza de Energía	Es la energía poseída por el flujo por unidad de peso de fluido que fluye en un sistema.
Convección Forzada	En una transferencia de calor por convección, cuando el flujo es causado por medios externos, como un ventilador, una bomba o vientos atmosféricos.
Convección Libre	Es una transferencia de calor por convección, cuando el flujo es inducido por fuerzas de empuje que surgen a partir de diferencias de densidad ocasionadas por variaciones de temperatura en el fluido.
Diámetro Nominal	Estandarización de los valores de diámetro para la venta mundial.
Ecuación de Bernoulli	Es la ecuación de la conservación de la energía en un fluido, que toma en cuenta su energía potencial, cinética y de flujo.

Expresión de la Caña de Azúcar	Proceso de Extracción del jugo de la Caña de Azúcar por medio de un tándem de molino o de trapiches.
Guarapo	Nombre que recibe el jugo extraído de la caña de azúcar.
Imbibición	Proceso que consiste en la aplicación de agua caliente en el último molino para humedecer y aumentar la extracción de jugo de la caña de azúcar.
Lado Coronas	Es el lado del Molino donde se encuentran las coronas que dan movimiento a las mazas.
Lado Espiga	Es el lado contrario del lado coronas del Molino.
Maceración	Proceso que consiste en la aplicación del jugo extraído de los molinos posteriores a molinos anteriores, para aumentar el proceso de extracción de jugo de la caña de azúcar.
Maza Cañera	Nombre que recibe la maza por donde ingresa la caña de azúcar y que se encarga de la extracción del guarapo.
Maza Bagacera	Nombre que recibe la maza por donde descarga la caña de azúcar ya exprimida y se encarga de extraer el bagazo del molino.

Maza Superior

Nombre que recibe la maza que junto con la cañera exprime la caña de azúcar y con la bagacera extrae el bagazo del molino.

Número de Grashof

Número adimensional que nos indica la razón de las fuerzas de empuje a las viscosas.

Número de Nusselt

Número adimensional que nos indica el gradiente de temperatura adimensional en la superficie.

Número de Prandtl

Número adimensional que nos indica la razón de las difusividades de momento y térmica.

Número de Reynolds

Número adimensional que nos indica la razón de las fuerzas de inercia y viscosas.

Relleno de una Torre

Es la obstrucción que las gotas de agua encuentran al caer dentro de una torre de enfriamiento, al disminuir su velocidad y aumentar el intercambio de calor.

Tratamiento del Agua

Conjunto de operaciones por las que se alteran las propiedades físicas o químicas del agua.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de azúcar, a través de la caña de azúcar, es uno de los productos agrícolas de mayor importancia en Guatemala. La necesidad de la producción tecnificada del azúcar es cada día mayor, por lo que es de vital importancia incrementar la eficiencia en los equipos, maquinarias y recursos utilizados para este fin.

La interrelación entre maquinaria moderna y antigua crea grandes brechas entre el control de operación y mantenimiento. La demanda de producción diaria hace que algunas máquinas operen más allá de su capacidad, lo que hace críticos factores como lubricación, enfriamiento, alineación y balanceo.

El decremento en eficiencia de los procesos, es la consecuencia principal de la elevación en los costos de operación, el desperdicio de los recursos naturales y la contaminación del medio ambiente. Por lo que es necesario el rediseño de los sistemas existentes.

El objetivo de esta investigación es perfeccionar el sistema de enfriamiento en circuito abierto, utilizar sus partes y componentes, para el diseño de la construcción de un sistema de enfriamiento en circuito cerrado, con la utilización crítica de espacios disponibles, para la distribución y fijación de los nuevos componentes. Con el propósito principal de un mejor aprovechamiento de un recurso, como lo es el agua, se evitan de esta manera la contaminación ambiental.

La investigación contiene una descripción de los componentes básicos de un tándem de molinos. Describe el sistema de enfriamiento en circuito abierto actual, como su ubicación, funcionamiento, problemas en el calentamiento de las chumaceras, la

dependencia de los afluentes cercanos, la contaminación de aguas servidas y una aproximación de los gastos que conlleva. Se realiza un análisis de pérdidas, velocidades y presiones en la tubería; así como, la eficiencia del proceso en el enfriamiento de las chumaceras y las temperaturas finales del agua.

Asimismo, se presenta la solución a los problemas del sistema actual, por medio de la propuesta de construir un sistema de enfriamiento en circuito cerrado. Se realiza un análisis para mejorar el sistema actual, adecuándose al sistema propuesto y con las condiciones impuestas por las personas encargadas en el Ingenio Pantaleón. Se incluyen los componentes necesarios para su construcción y el costo que significaría la implementación del sistema en circuito cerrado propuesto.

Se incluye un análisis de costo, por medio de un análisis comparativo entre el sistema actual y el sistema propuesto, para establecer la inversión de la construcción del sistema de enfriamiento propuesto.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

Perfeccionar el sistema de enfriamiento en circuito abierto, utilizar sus partes y componentes, y adecuarlos a la construcción de un sistema de enfriamiento en circuito cerrado, con la utilización crítica de espacios disponibles para la distribución y fijación de los nuevos componentes. Con el objeto de lograr el mejor aprovechamiento de un recurso, como lo es el agua, se evita la contaminación ambiental.

B. ESPECÍFICOS

- La construcción de un sistema de enfriamiento en circuito cerrado a partir del sistema de enfriamiento en circuito abierto.
- La recuperación del caudal de agua utilizado en el proceso de enfriamiento, se evita depender totalmente del caudal del río.
- Evitar el desecho de contaminantes como lubricantes y bagazo, así como el calentamiento en las aguas servidas.
- Analizar los de la implementación del sistema de enfriamiento en circuito cerrado para las chumaceras del tándem de molinos.

III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A. Historia

La molienda más primitiva de caña de azúcar se realizaba con rodillos o cilindros verticales de madera, que eran impulsados por tracción animal, por fuerza hidráulica o por molinos de viento. La primera aplicación de tres rodillos horizontales o conocidos en la industria azucarera como “mazas”, en la forma triangular que se usa en la actualidad, se atribuye a Smeaton, y algunas autoridades en la materia sostienen que fue el que inventó el primer molino con propulsión a vapor, en Jamaica, en 1797. Empero, Deerr afirma que la primera aplicación de la máquina de vapor utilizada en la molienda de caña de la cual se tiene conocimiento indiscutible ocurrió en Cuba en 1797. Vale la pena observar que el vapor se utilizó como fuerza motriz para la molienda de caña, diez años antes que se lograra aplicarlo con éxito a la propulsión de barcos, y treinta años antes de la construcción de la primera locomotora comercial para uso ferroviario. Los tándems de seis mazas, es decir, compuestos de dos juegos de molinos de tres mazas, dispuestos en serie, se utilizaron por primera vez en Cuba, en 1883, y la primera unidad de nueve mazas que se instaló en el mundo fue la de Plantación Cora, de Louisiana, en 1892. Las desmenuzadoras provistas de mazas con rayado en zigzag se usaron por primera vez en 1883, y la desfibradora, invento de Fiske, prestó su primer servicio en Louisiana, en 1886. En la actualidad, en los ingenios azucareros modernos se utilizan tándems compuestos por molinos con cuatro mazas, al aumentar la eficiencia en la extracción del guarapo.

B. Operación

La operación de una estación de molienda o tándem de molinos, es un proceso continuo en el que se alimenta la caña picada y es sometida a una serie de expresiones, al utilizar molinos con rodillos o mazas (normalmente en tándems con cuatro a siete molinos compuestos de dos, tres o cuatro mazas ranuradas en forma de "V").

El proceso consiste en alimentar caña picada al primer molino, la caña producto de la extracción primaria pasa al segundo y la del segundo al tercero, así sucesivamente hasta el número de molinos que posee el tándem que disminuye la carga de guarapo de la misma. Para hacer el proceso de extracción más eficiente, los jugos pobres de los molinos posteriores se aplican a molinos que los preceden (maceración) y en el último molino se aplica agua caliente para aumentar la extracción (imbibición) antes de enviar el bagazo a su combustión en las calderas. Cada uno de los molinos aplica sobre el colchón de bagazo en proceso, presión originada en el peso de las mazas y en cabezotes hidráulicos situados en cada uno de los extremos de maza superior. En todo el proceso se trata de mantener una alimentación uniforme que permita estabilidad y mejor extracción, al mismo tiempo que se trata de mantener una limpieza adecuada del sistema para disminuir las pérdidas de sacarosa por inversión microbiana. La capacidad del tándem depende del número de molinos, el tamaño, la reabsorción, el resbalamiento, su ajuste y velocidad, el tipo de fibra, preparación de la caña, rayado, presión hidráulica, contenido de basura y otros factores que se vuelven importantes cuando salen ampliamente de sus valores normales (contenido de ceras, fundición de mazas suave, etc., etc.).

C. Tándem de Molinos de Mazas

Tándem de molinos es el nombre del sistema utilizado para la extracción del jugo de la caña de azúcar. Consiste en un tren de molinos colocados en serie, que se encargan cada uno de la expresión del bagazo. Los molinos son máquinas individuales en las que se hace la expresión de la caña para la extracción del jugo al estar formada por el accionamiento (generalmente una turbina, un reductor de alta velocidad, un reductor de baja velocidad y un juego de engranajes abiertos), dos vírgenes, las mazas (2, 3 ó 4) y todos los accesorios para limpieza (messchaert, chevrones, peines, chuchilla central, etc).

1. Vírgenes

Las piezas macizas de fundición o armaduras laterales de los molinos que soportan las mazas o rodillos, se designan con el nombre de “vírgenes” o armazón del trapiche. Actualmente su construcción está en forma simétrica, si existe alguna ruptura, generalmente, ésta se ubica del lado de salida al tomar en cuenta la diferencia entre la reacción de entrada y la reacción de salida, muchos fabricantes construyeron vírgenes con cabezotes inclinados.

El ángulo de inclinación mencionado, es el ángulo superior del triángulo que forman los tres ejes de los cilindros vistos en un corte vertical. Este tiene como límite la necesidad de que las coronas de los cilindros inferiores giren sin engancharse; además, al ser más pequeño, es más corta la cuchilla central, y por lo tanto es menor el rozamiento en ella y la potencia que se pierde por este motivo.

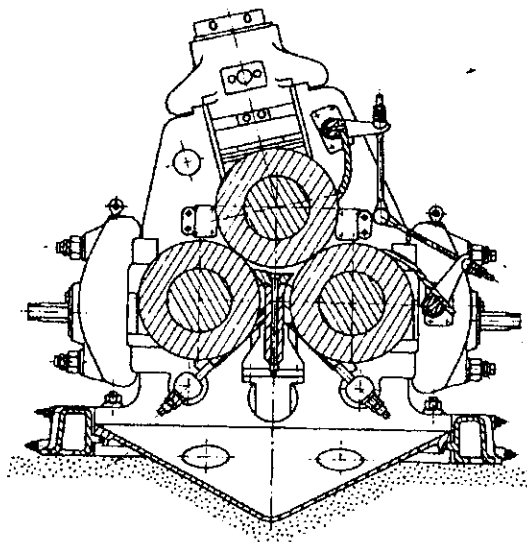


Figura 1. Virgen Cail

2. Cilindros

La combinación clásica de tres rodillos o mazas con ranuras en posición triangular es la unidad estándar de molienda en la industria azucarera. Los tres rodillos se conocen respectivamente como rodillo superior o mayor, rodillo cañero (por donde entra la caña) o de alimentación y rodillo bagacero o de descarga. Sin embargo, en la actualidad los ingenios modernos poseen una cuarta maza conocida con el mismo nombre.

Los rodillos inferiores tienen una posición fija; el rodillo superior, controlado por un émbolo hidráulico, puede subir, bajar o flotar, según sean las variaciones en la alimentación de la caña; la cuarta maza realiza la primera extracción, junto con el rodillo superior.

El número de cilindros utilizado en un tándem de molinos da la mínima extracción permisible; por ejemplo, en una batería corta, el grueso del colchón de bagazo

debe reducirse para obtener una extracción satisfactoria, al contrario, en una batería larga, el grueso del colchón de bagazo puede aumentarse en proporción a lo largo de ella.

Los cilindros poseen ranuras por lo general periféricas en forma de V. La sección de la ranura es un triángulo isósceles que mide aproximadamente de 55° a 60° . Para que las aristas no queden vivas y frágiles se corta la punta exterior de los triángulos, y se dejan de 1 o 2 mm de ancho. Las mismas dimensiones se dejan al fondo de la ranura.

A las ranuras se les denomina por su altura h y su paso p . Por ejemplo, cuando se requieren se les nombra como, "ranuras 11×14 ", lo que significa: ranuras de 11 mm de alto por 14 mm de paso.

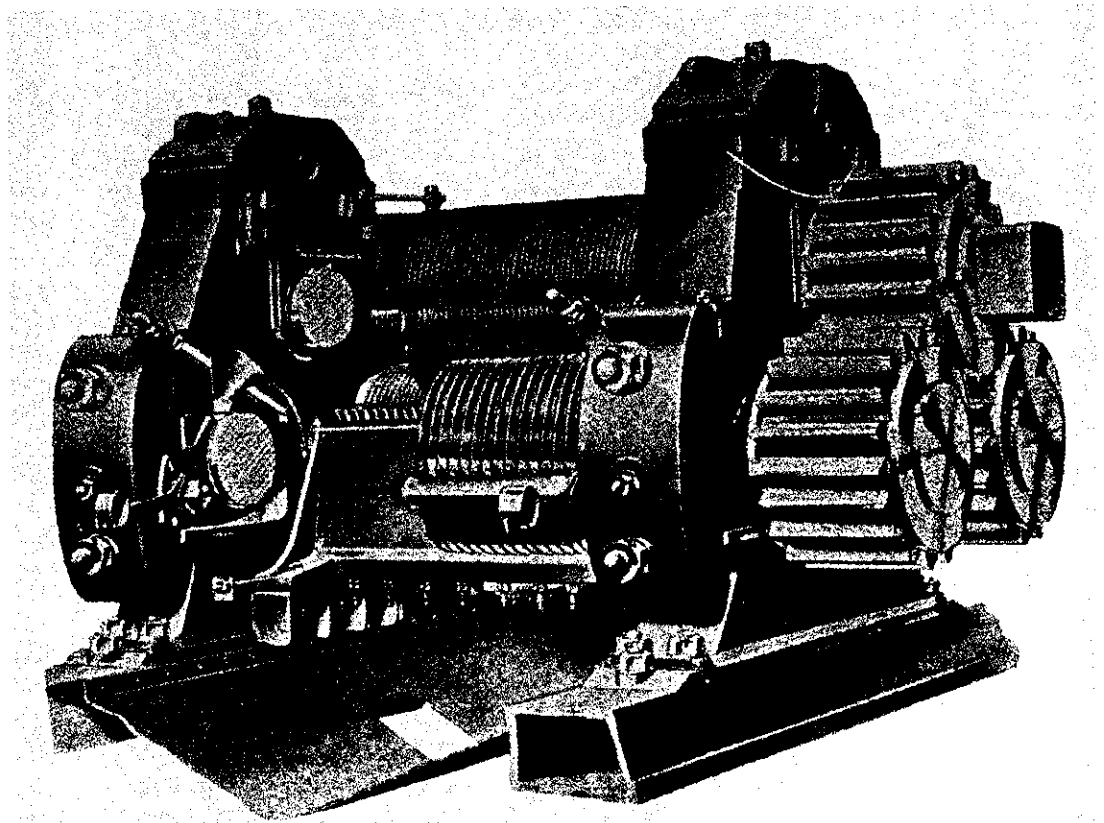


Figura 2. Ranuras de los rodillos de un molino vertical

a. Messchaert

Ranuras conocidas únicamente como “Messchaert”, o traducidas en muchos libros como “mechartes”, son de uso general en los cilindros de alimentación y tienen como propósito incrementar la extracción de sacarosa para proporcionar una salida libre al jugo exprimido. Se ha visto que son eficientes y se han adoptado universalmente. Además, es posible utilizar una mayor cantidad de agua de imbibición.

Este sistema de ranuras se desarrollo debido a que en el rodillo de alimentación, es donde el bagazo sufre la presión máxima y la extracción del jugo. Este jugo posee dos salidas, hacia la parte frontal, más allá de la cuchilla central o hacia atrás. En los dos casos encuentra un colchón de bagazo ya comprimido que se mueve en el mismo sentido.

El ranurado consiste en tallar alrededor del cilindro de entrada canales circulares más o menos espaciados, por los cuales en todos los puntos, el jugo puede salir libremente y escurrir sin obstáculo en ambos lados del cilindro.

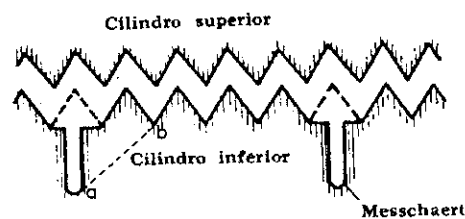


Figura 3. Formación de la Messchaert por eliminación de un diente

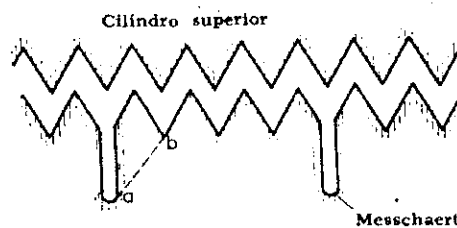


Figura 4. Formación de la Messchaert sin eliminación de un diente

b. Chevrones.

Al contrario de las ranuras Messchaert, cuyo objeto es el de mejorar la extracción del jugo, los chevrones tienen como objeto el de facilitar la toma del bagazo.

Estos son unas pequeñas muescas talladas en los dientes, el ordenamiento de éstas describe una hélice simétrica con relación al plan medio del cilindro. Poseen exactamente el mismo diseño que las desmenuzadoras Fulton, así como la misma forma de muesca.

Los chevrones realmente ayudan, en ciertos casos, a la toma del bagazo por el cilindro. No son indispensables, pero, si se adoptan, es más conveniente limitarlos solamente al cilindro de entrada o al superior.

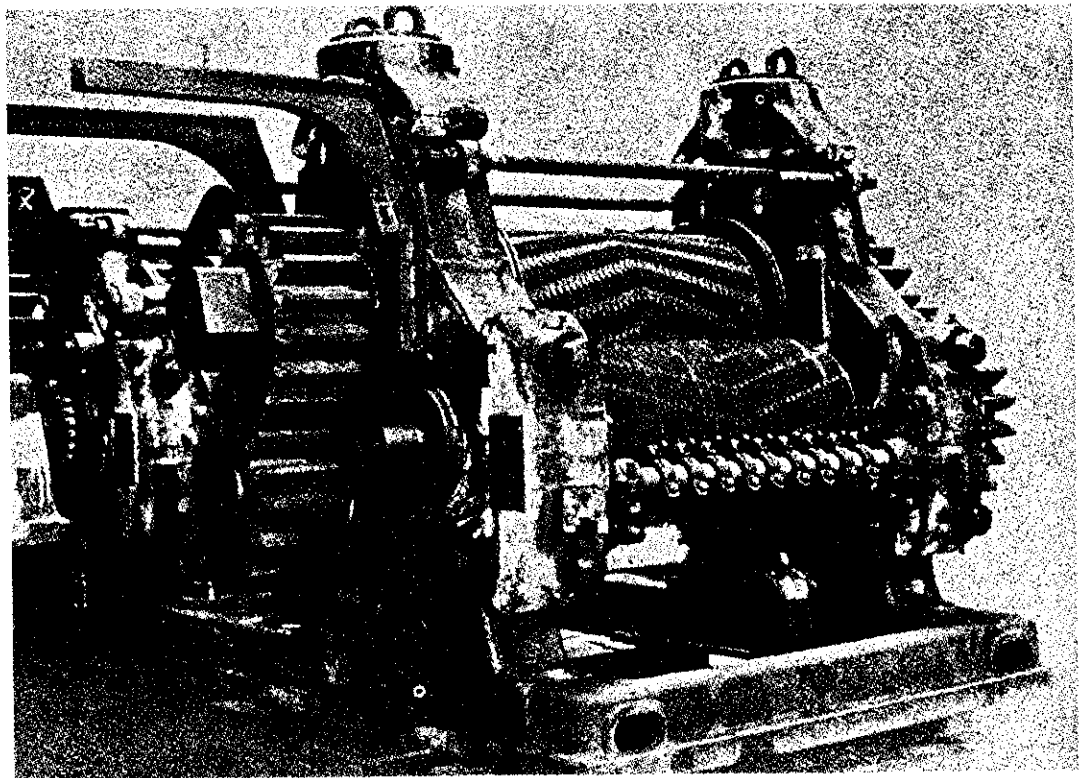


Figura 5. Chevrones. Molino con piñones alternados (Fives-Lille)

3. Guardajugos

Los guardajugos de los molinos se mantienen siempre fijos al cilindro superior. Para fijarlos a éste son necesarios, aproximadamente de 12 a 18 tornillos, de acuerdo con su tamaño. Durante la zafra, éstos se desgastan y es necesario maquinárselos su cara interior. Se debe conservar un juego entre el guardajugos del cilindro superior y las paredes laterales de los cilindros inferiores para permitir un levantamiento desigual del cilindro superior sin que se traben cuando un cuerpo extraño pasa cerca de uno de los bordes.

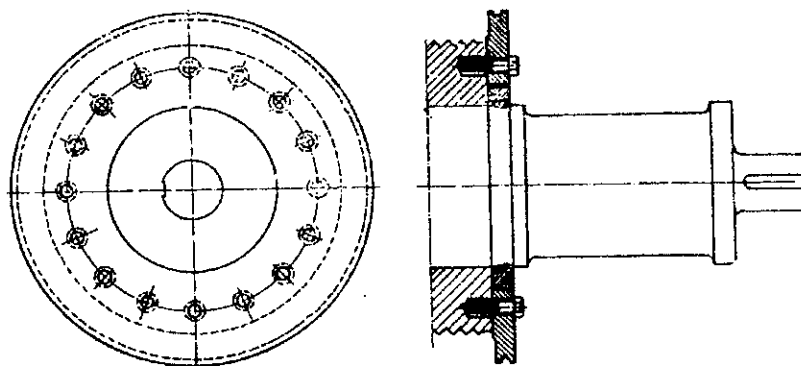


Figura 6. Colocación de los guardajugos

4. Piñones y Coronas

En un molino, el movimiento del motor se transmite generalmente por los engranes al cilindro superior. Este arrastra los cilindros inferiores con la ayuda de un juego de tres piñones acñados sobre los muñones de los tres cilindros. A este tipo de piñones se les conoce especialmente como “coronas”.

Las coronas pueden tener de 14 a 29 dientes. Cuanto más pequeño es el número de dientes, son tanto más gruesos y altos, y es mayor la amplitud del ajuste mediante el

cual puede obtenerse un engranaje conveniente en ellos, cuando los cilindros se desgastan. Las coronas se fijan a los ejes por medio de cuñas. Estas deben tener una conicidad de 1/100.

La inclinación de los dientes de las coronas hace que el punto de contacto de dos dientes, el empuje, en lugar de ser normal, forme un ángulo con el radio de este punto. Este empuje se descompone en dos componentes, uno normal, que produce la rotación y el otro radial, que tiende a levantar al cilindro.

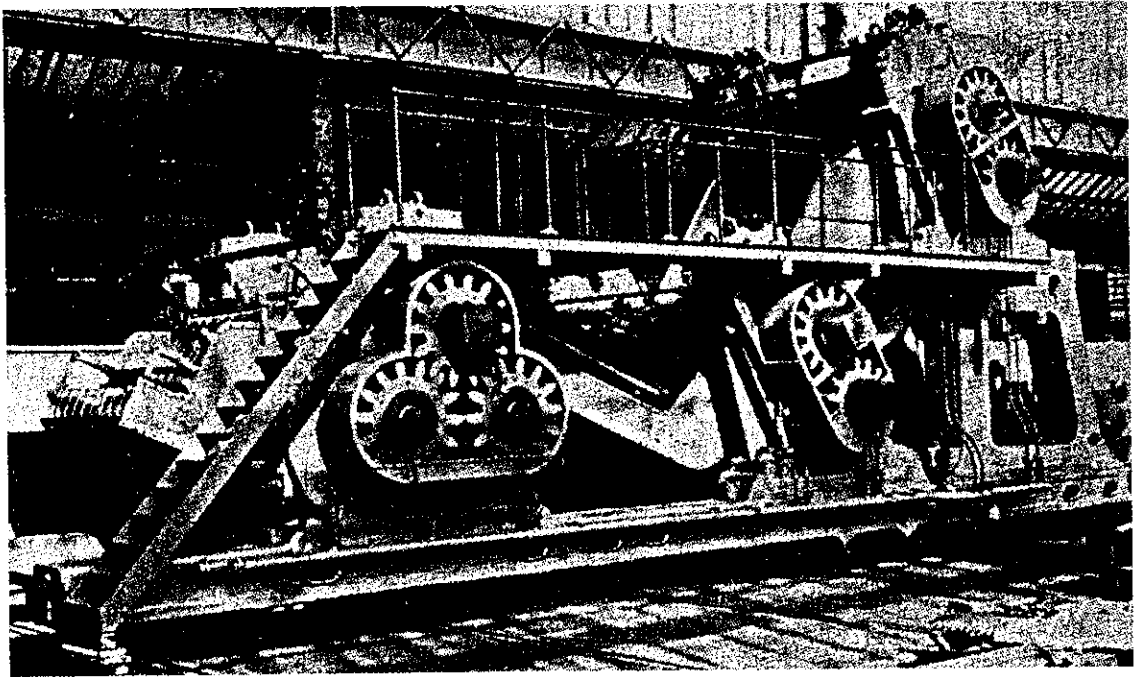


Figura 7. Vista lateral de las coronas del molino (Fives-Lille)

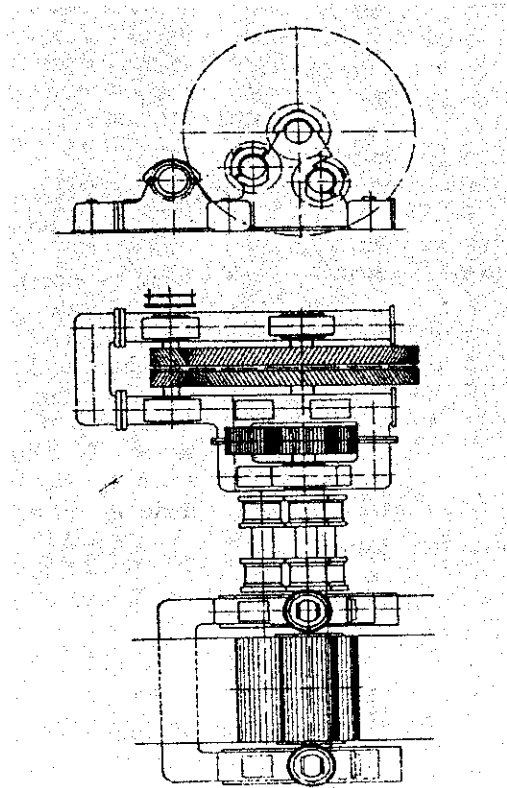


Figura 8. Caja de piñones (Fives-Lille)

5. Acumulador

La presión que se ejerce sobre el rodillo superior se regula universalmente por medio de un ariete hidráulico. La razón por la cual se desea que haya regulación de esta presión es la de compensar las variaciones en el volumen del colchón de bagazo que pasa a través del molino. El procedimiento más moderno para este fin hace uso de un acumulador óleo-neumático individual que encierra un globo inflado con nitrógeno que se comprime y se dilata cuando la prensa hidráulica se levanta o desciende. Estos cilindros quedan próximos a la tapa del ariete hidráulico, utilizado uno para cada virgen.

Estos acumuladores permiten regular la presión en cada uno de los extremos del cilindro independientemente y de tal manera, que el levantamiento esté balanceado y

proporcionado, en cada extremo, al grueso del bagazo que pasa en cada lado. Ocurre frecuentemente que un lado del molino, o de una batería de molinos, recibe regularmente una cantidad mayor de caña que el lado opuesto. En este caso es importante prevenirse contra un levantamiento igual en ambos lados; el lado más ligeramente cargado, producirá un levantamiento medio ligeramente menor que el otro.



Figura 9. Acumulador de aire aceite Munson (Fives-Lille)

a. Tuberías de Presión Hidráulica

Los tubos que llevan la presión del aceite del acumulador a los cabezotes de los molinos son generalmente de acero. Su diámetro es importante, pues influye en la rapidez del levantamiento y, en consecuencia, en las sobre presiones. Si el diámetro es muy pequeño, el acumulador será flojo y la presión hidráulica desempeñará deficientemente su papel regulador.

b. Bomba de Presión Hidráulica

Entre el acumulador y el molino, y muy cerca del acumulador, se instala una bomba que tiene por objeto introducir el aceite dentro de la tubería, ponerlo bajo presión y levantar el acumulador a su posición inicial de trabajo.

Esta bomba es de mano en las pequeñas instalaciones y de vapor o eléctrica en la mayor parte de los molinos modernos. Una buena bomba debe ser simple y robusta.

6. Cabezotes y Pistones Hidráulicos

Los cabezotes son dispositivos hidráulicos constituidos por cilindro, pistón y sellos. Estos tienen la función de ejercer la presión sobre los extremos del eje de la maza superior.

Están colocados de manera que cuando los cueros y las guarniciones de las presiones hidráulicas ceden, deben poderse cambiar rápidamente. La cámara cilíndrica en la que se mueve el pistón está abierta en la parte alta del cabezote y su cierre se asegura por medio de una tuerca ordinaria o por medio de una tuerca a la que han quitado 2 o 3 segmentos y que puede sujetarse con un tiro de 90° o de 60°, de la misma manera que las culatas de los cañones modernos. Este último sistema es más rápido y tan hermético como el precedente.

Las tuercas por su peso, deben tener 2 orejas que faciliten su abertura, su manejo y su levantamiento.

a. Pistones

El pistón hidráulico es simplemente un cilindro cuyos bordes están redondeados en la parte inferior.

b. Sellos

La enorme presión que existe en todo el espacio donde se ejerce la presión hidráulica, obliga a un hermetismo perfecto, cuya obtención se complica por el movimiento del pistón.

Este problema se ha resuelto al cerrar la cámara del cabezote a presión, por medio de 2 sellos embutidos en forma de U. Se coloca uno de ellos del lado de la tuerca y el otro en la parte superior del pistón.

Los sellos embutidos deben ser de muy buena calidad porque trabajan a muy alta presión. Los cueros curtidos mineralmente se conservan mejor que los tratados vegetalmente aún si el curtido es de encina. En algunos molinos modernos se han reemplazado los sellos embutidos por guarniciones méatalo-plásticas, o empaques moldeados de hule sintético.

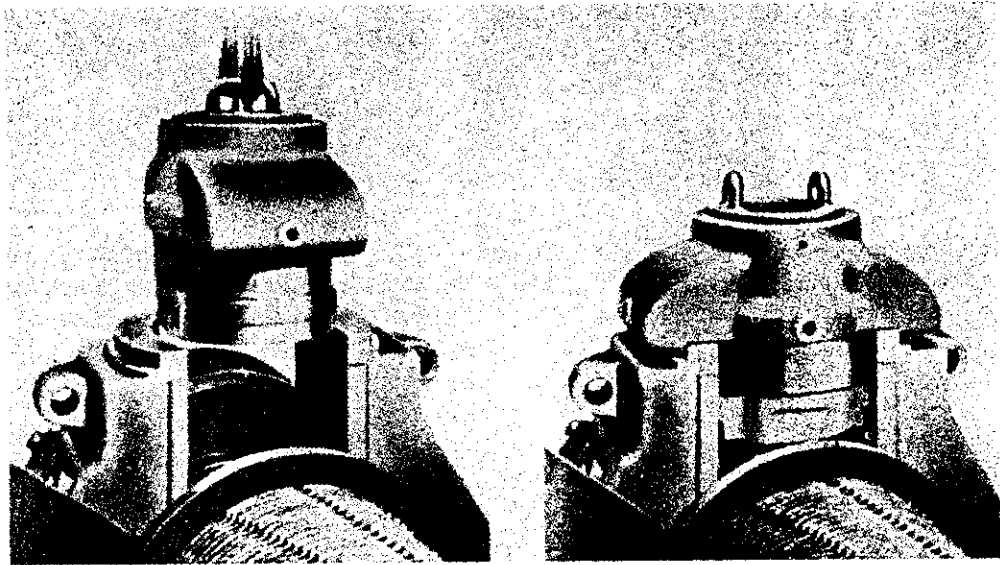


Figura 10. Cabezote tipo Bayoneta (Fives-Lille)

7. Engranés

Los engranes son necesarios para pasar la velocidad de los motores a los molinos; por ejemplo:

- Motores de vapor ordinarios 40 a 75 rpm
- Motores de vapor rápidos 100 a 150 rpm
- Motores eléctricos 485 a 730 rpm
- Motores de las turbinas 250 a 750 rpm
- A la de los cilindros 3 a 6 rpm

Esta reducción se obtiene por medio de juegos de engranes:

- 2 juegos para los motores de vapor ordinarios
- 3 juegos para los otros casos

Un juego puede reducir la velocidad de 7 a 1, pero, generalmente, la reducción se hace de 5 a 1.

Un doble juego puede, entonces, dar una reducción de, aproximadamente, $5 \times 5 = 25$, y, un juego triple: $5 \times 5 \times 5 = 125$.

Como un ejemplo de la reducción de velocidad que realizan los engranes, se presenta un molino accionado por una turbina de vapor:

- La turbina se calculó para 2750 – 5500 rpm
- El reductor de la turbina la dejó en 375 - 750 rpm
- El reductor de velocidad independiente a 16 - 32 rpm
- El engrane helicoidal (piñón y catarina) a 3.3 - 6.6 rpm

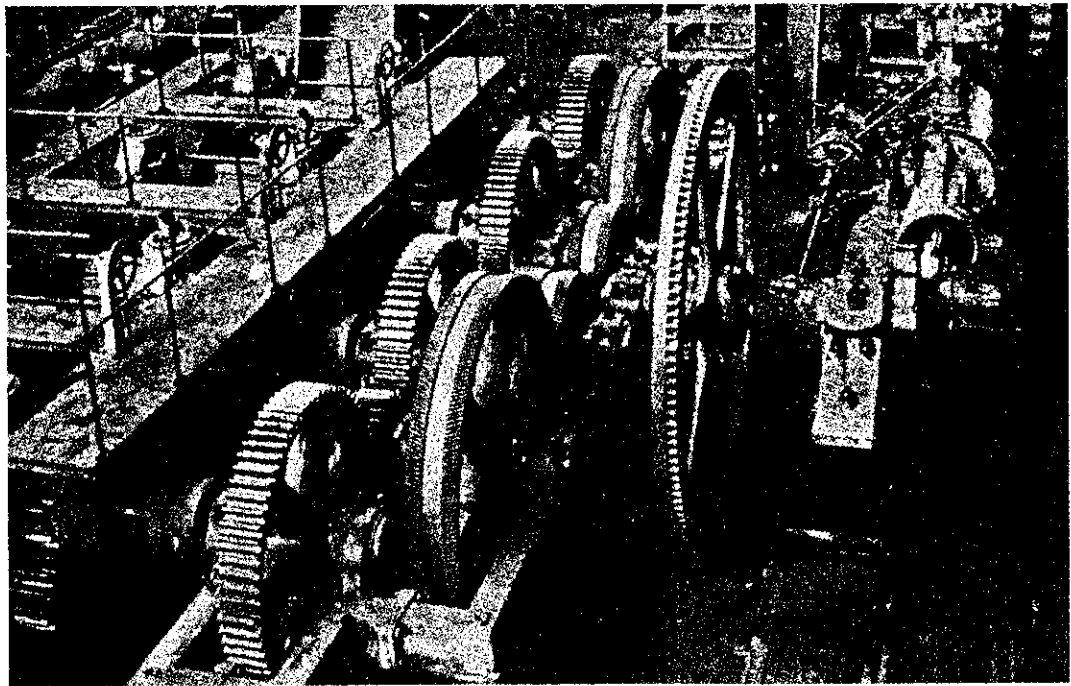


Figura 11. Juegos de engranes con dos pasos

8. Cuchillas y Raspaderos

El principal dispositivo de estos, es la “cuchilla central” que es un dispositivo de limpieza de la maza cañera que permite que el bagazo pase de una expresión (maza cañera y superior) a la siguiente, dentro del mismo molino (maza bagacera y superior).

Cuando se utilizan Chevrones en los cilindros cañeros, cabe la posibilidad que presenta el bagazo de acuñarse entre el chevron y la cuchilla central. En realidad ciertamente se encuentran pedazos de bagazos prisioneros entre el flanco de ataque de las muescas y la punta de la cuchilla, pero se eliminan sin dificultad gracias al ángulo de ataque de las dos superficies opuestas que produce un efecto de corte.

Si no se tomaran precauciones las Messchaert se llenarían de bagazo y dejarían de ser útiles rápidamente. Por esta razón se hace necesario instalar “peines” detrás de los cilindros. Consisten éstos en barras de acero que llevan frente a cada Messchaert una punta que se prolonga hasta el fondo de ella. La longitud de estas puntas o “dedos”, se calcula de tal manera que la extremidad de ataque forme un ángulo de 30° con la superficie del cilindro.

Los raspaderos son los encargados de mantener limpias las ranuras de las mazas superior y bagacera, éstos deben hacer un ángulo de 45° a 50° con la superficie del cilindro.

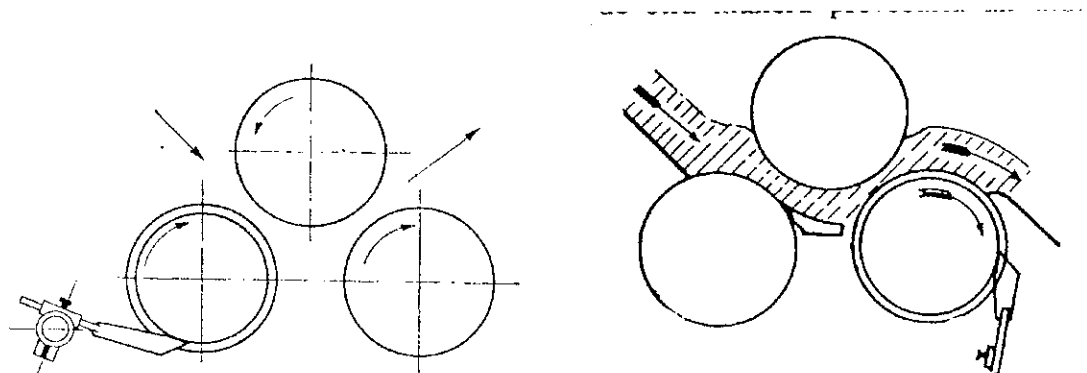


Figura 12. Raspadores Messchaert

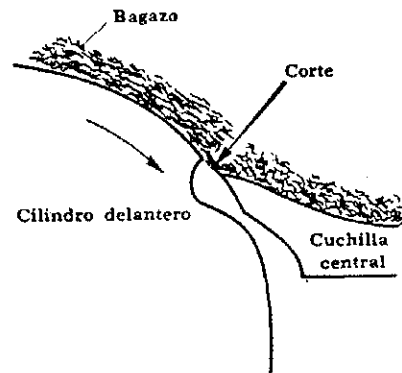


Figura 13. Efecto de la Cuchilla Central

9. Impulsores de los Molinos

Se han usado máquinas de vapor para mover molinos de caña durante más de 150 años. En las instalaciones más antiguas era corriente el uso de máquinas Corliss, pero al aumentar las presiones de operación de las calderas, se ha sustituido la máquina Corliss por otros tipos. En 1925 se comenzaron a utilizar motores eléctricos para este servicio, pero siempre ha existido cierto desacuerdo acerca de sus ventajas y desventajas. El mejor control de los molinos movidos eléctricamente, las mayores facilidades para arrancarlos y pararlos, las rebajas en sus costos de operación y mantenimiento, y la mayor nitidez y limpieza que permitían en la nave de molinos, quedan más que contrapesados por un costo mayor de instalación, la necesidad de montar una planta generatriz separada para los molinos, y la precisión de personal más especializado. El movimiento mediante turbinas a vapor, introducida en Louisiana en 1947, ofrece las mejores ventajas que poseían las máquinas de vapor y los motores eléctricos, y casi todas las instalaciones están dotadas de movimientos por turbinas. Se usa el vapor directamente, en vez de transformarlo en energía eléctrica; la turbina posee las ventajas de flexibilidad y de control del motor eléctrico, además de gozar de las mismas ventajas de ocupar poco espacio, limpieza, y ausencia de fugas de aceite al vapor de escape propios de los motores eléctricos. Además la turbina permite una alta gama de variaciones de velocidad para

cada molino que son obtenibles con la máquina de vapor, y exige menos supervisión y mantenimiento. La introducción de la turbina de vapor ha sido descrita como el desarrollo más importante que ha ocurrido en los últimos años en la industria azucarera.

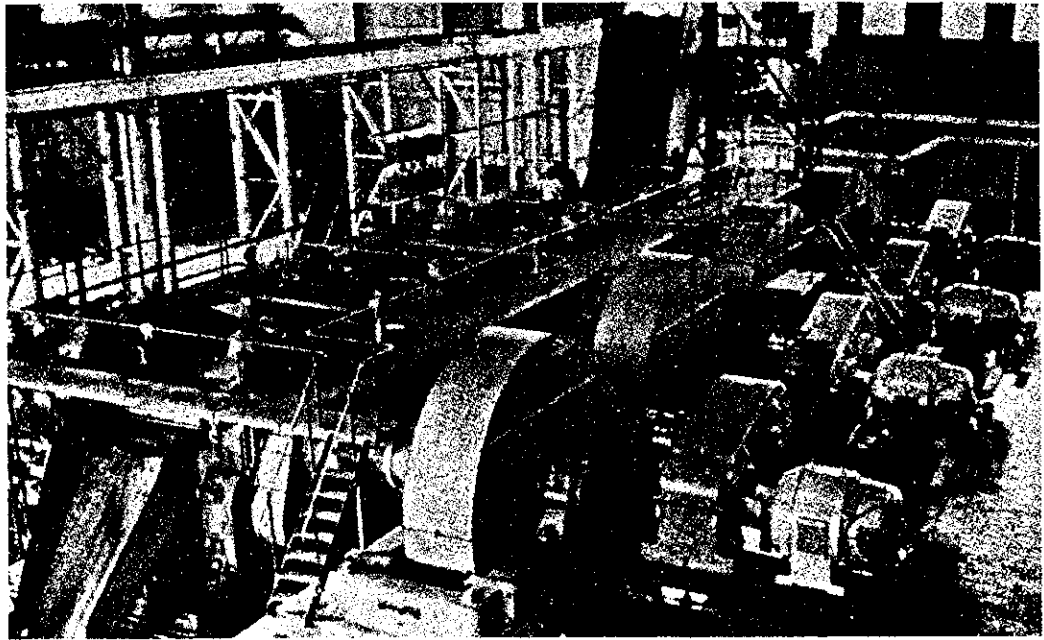


Figura 14. Motores eléctricos (Siemens) para molinos provistos de reductores engranados de velocidad (Citröen)

10. Chumaceras

Los cojinetes son, generalmente de bronce. Los cojinetes son pieza muy costosas, pues están provistas de pasos para la circulación del agua de enfriamiento y de ranuras para la lubricación en la superficie de rozamiento; en consecuencia, son complicados.

a. Cajas de chumaceras

Es el nombre que recibe el soporte mecánico de las chumaceras o tejas donde se apoyan los ejes de las mazas. Está provisto de serpentines internos que sirven como medio de enfriamiento para la disipación del calor generado por las tejas.

b. Lubricación

La lubricación debe hacerse por una ranura que se traza al seguir una generatriz, a 45°, aproximadamente, adelante de la zona de presión máxima y que se termina en bisel en el sentido del movimiento; la ranura es más acentuada al centro que en las extremidades. Es necesario, en efecto, dar más aceite en el centro porque la presión lo empuja a los bordes.

Sobre todo, es necesario no hacer canales de lubricación en la zona de presión máxima porque se consumirá mucho aceite y la lubricación será defectuosa.

c. Guías

Es importante que los cojinetes superiores tengan guías largas. Estas no deben ser deformadas por el cilindro superior cuando éste se levanta. La arista trasera superior del cojinete, debe estar ligeramente redondeada para que no se trabe y la cara trasera debe maquinarse rigurosamente y debe estar pulida y tersa tal como la placa de frotamiento de la virgen que lo recibe. Estas superficies deben lubricarse con un aceite especial.

El tipo de cojinete utilizado en los cilindros de las mazas es conocido como "Cojinetes de cuello de rodillo", los cuales soportan presiones permisibles, de área proyectada en un rango de 2500 a 4500 psi. La elevación en la temperatura de la pared sobre la temperatura ambiente, es de manera que se disipa a la atmósfera una cantidad de calor igual a la pérdida por fricción en la chumacera. La temperatura permisible con lubricantes normales oscila en 210°F (100°C) para este tipo de cojinetes.

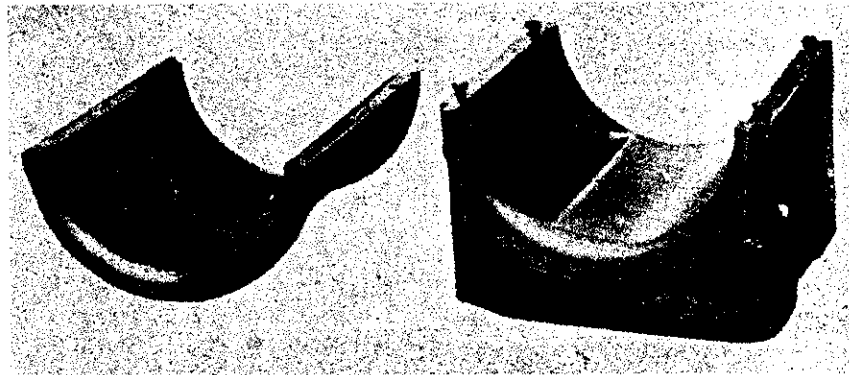


Figura 15. Bronces superiores. La mitad de bronce superior está colocada junto a la mitad del bronce inferior

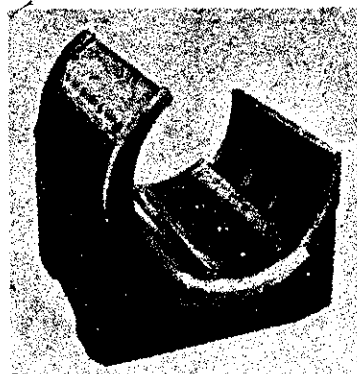


Figura 16. Bronce del cilindro inferior (ligeramente desplazado para mostrar los canales de circulación del agua)

11. Conductores Intermedios

Para el transporte de la caña de azúcar parcialmente exprimida de un molino al siguiente, se utilizan transportadores de bagazo o conductores “intermedios”. Anteriormente, se utilizaba el transportador de cadena sin fin y de tablillas de madera. Estos conductores han sido sustituidos por unidades con tablillas de acero traslapadas, pues los primeros permitían la acidulación del jugo absorbido por la madera, derramaban bagazo por los espacios entre tablillas, y se rompían con frecuencia. Los conductores intermedios son en su mayoría cadenas, que tienen como objeto el transportar bagazo de la salida de un molino a la entrada del siguiente. El modelo más reciente y utilizado

actualmente en ingenios modernos consiste en una banda de caucho, que fue introducido por primera vez en 1952, éste ha demostrado ser duradero, limpio, ligero y fácilmente reemplazable y ha resultado bastante ventajoso, además el costo no es elevado y el mantenimiento es menor. Los más comunes en la industria consisten en cuatro tipos principales:

- (a) Las cadenas de arrastre o de rastrillo.
- (b) Las cadenas de conducción, de tablillas o de persiana.
- (c) Los conductores intermedios fijos, tipo Meinecke.
- (d) Las bandas de caucho

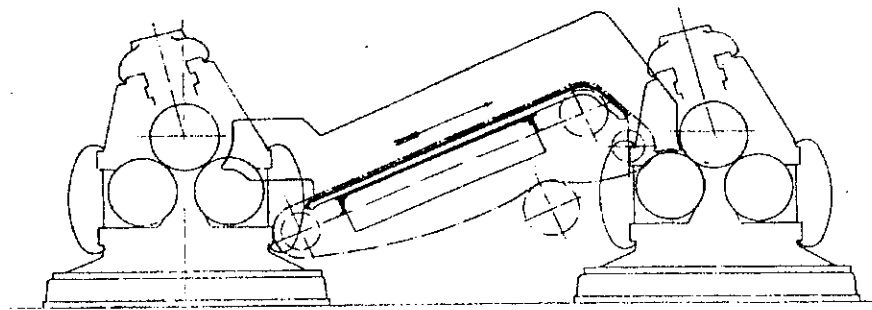


Figura 17. Conductor intermedio

12. Alimentadores

Los atascamientos en los molinos son la causa principal de las demoras en el proceso de molienda. Cuando un molino trabaja muy cerca de su capacidad máxima, es suficiente cualquier cosa para provocar dificultades de este tipo: un pistón hidráulico flojo; una cuchilla central muy alta o muy baja; la punta de la cuchilla desgastada; los dientes apoyados mal en el ranurado del cilindro de entrada; un mal ajuste en las aberturas de entrada y de salida del molino; desgaste de un cilindro o de los 3 cilindros;

variaciones importantes en la fibra de la caña, etc., etc. La multiplicidad de las causas posibles hace difícil determinar el problema inmediatamente y pueden transcurrir varias semanas antes de remediarlo eficazmente.

Para evitar o minimizar los atascamientos se ha generalizado el uso de la alimentación forzada, que consiste en obligar, con la ayuda de un aparato especial, la entrada del bagazo en el molino. Este aparato recibe el nombre de "alimentador" y su función no es de empujar el bagazo hacia el molino, sino hacerlo más accesible a la abertura de los rodillos.

Existen 3 tipos principales de alimentadores:

- (a) los rotativos,
- (b) los alternativos y
- (c) alimentadores continuos a presión.

En los molinos constituidos por cuatro mazas, se utilizan alimentadores en forma de embudo, conocidos como alimentadores "Donelly". Los mecanismos, utilizan el principio de los alimentadores continuos a presión, que usan como medio impulsor, la gravedad y el peso del bagazo.

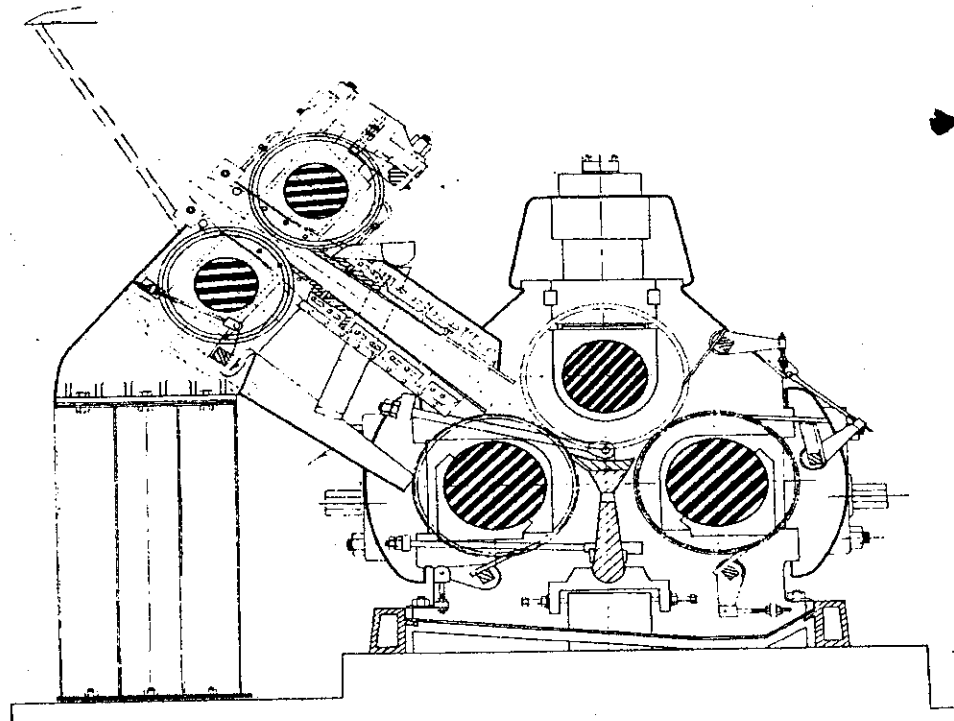


Figura 18. Alimentador a presión (Walkers Limited)

13. Conductor de Bagazo

El bagazo resultante del proceso de molienda que sale del último molino, debe distribuirse en los hornos de las calderas o bodegas de almacenaje. Para este fin, el bagazo resbala por una plataforma de lámina de acero inoxidable y se eleva por un elevador o conductor inclinado, posteriormente es transportado en forma horizontal hasta ser distribuido en donde es requerido. Estos conductores son generalmente de rastrillos y en la actualidad se utilizan bandas de caucho.

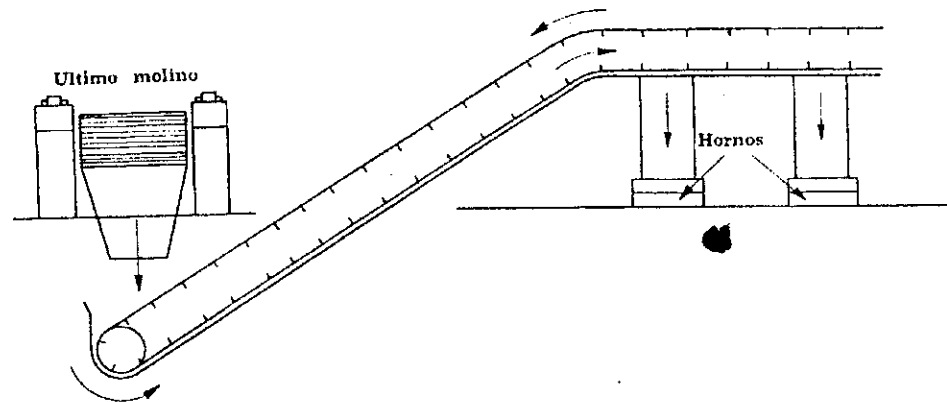


Figura 19. Conductor simple para elevar y distribuir el bagazo

D. Sistema de Enfriamiento

Los sistemas de enfriamiento son necesarios en la industria, pues disipan el calor de aguas de proceso en aquellos casos en los cuales se tiene un suministro limitado de agua, se debe evitar la contaminación por temperatura de las masas naturales de agua, es necesario una conservación del agua, o por el contrario, deben evitarse las fuentes contaminados por daños a los equipos.

Para determinar el sistema de enfriamiento y los componentes adecuados que se utilizan en el diseño de cualquier sistema de enfriamiento, es necesario tomar varias consideraciones:

- Los fluidos que se utilizarán en el sistema
- Composición de los fluidos
- Ubicación del intercambiador de calor
- Tamaño del sistema completo

- Ciclos de operación
- Condiciones de ductos, tubos y equipo
- Contaminantes presentes en los fluidos

IV. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN CIRCUITO ABIERTO

A. Descripción

1. Ubicación

La ubicación del Ingenio Pantaleón donde se aplica un sistema de enfriamiento en circuito abierto se encuentra localizado en el kilómetro 86 ½ carretera al Sur-Occidente dentro de los límites del municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla¹.

2. Sistema de Enfriamiento del Tándem

El sistema de enfriamiento para las chumaceras del tándem de molinos, utiliza el agua como recurso refrigerante. El agua del Ingenio Pantaleón es abastecida por medio de dos fuentes naturales; una es la del cauce del río con el mismo nombre, el cual atraviesa la Finca Pantaleón y tiene su nacimiento en las faldas del volcán de Fuego, y la otra por medio de ríos subterráneos que abastecen cuatro pozos ubicados dentro de las instalaciones del Ingenio.

El río es la principal fuente de abastecimiento para el sistema de enfriamiento, aunque en caso de emergencias se utiliza cualquiera de los cuatro pozos. Posee una desviación de la corriente principal, con el propósito de llenar un tanque de abastecimiento, conocido como "Toma de Agua".

¹ Ver Instalaciones del Ingenio Pantaleón, Anexo 2

Dentro del tanque de abastecimiento o toma, el agua recibe un tratamiento físico de eliminación de sólidos suspendidos, por medio de sedimentación o decantación. El agua pasa por una especie de serpentines a baja velocidad y elimina la mayor parte de sólidos y lodos.

Luego del proceso de limpieza, el agua es transportada por una tubería subterránea con un diámetro de 6' hacia la fábrica, donde es almacenada en otro tanque conocido con el nombre de "*Tanque cilíndrico*", este posee en su interior un sistema de filtros conocido como "*Desbasurador*" y su función es eliminar los sólidos suspendidos, como ramas, hojas, palos, etc. que flotaron y no quedaron atrapados en el proceso anterior.

El agua reposa por unos minutos en el tanque cilíndrico, y según las necesidades, evacua por un tubo en el fondo con un diámetro de 6', que se encarga de distribuir hacia las diferentes áreas de consumo².

Entre las áreas de consumo, se encuentra el área de enfriamiento para las chumaceras de los molinos. El caudal es transportado por una serie de tubos de diferentes diámetros hacia una red de distribución de enfriamiento en los molinos, que lo distribuyen hasta las cajas de las chumaceras. (El sistema de tubería utilizada se especificará más adelante).

La caja de enfriamiento de cada chumacera posee en el interior, unos conductos en forma de serpentin, que sirve para que el agua, por medio de la transferencia de calor por convección, aumente su temperatura al disminuir la temperatura de la teja la estar en contacto directo con la cara inferior de la misma.

² Ver Distribución de Agua en el Ingenio Pantaleón, Anexo 3

El diseño de la caja de la chumacera difiere según el molino que se examina, pero en general su diseño es muy parecido y se presenta en el Anexo 5.

La caja de enfriamiento consta de una entrada en la parte inferior y una salida en la parte superior. De este modo, el agua recorre el serpentín de abajo hacia arriba, realiza el proceso de enfriamiento en un tiempo más prolongado y permite un mayor contacto del refrigerante con la cara inferior de la teja. El procedimiento utilizado es parecido a llenar la caja hasta que se rebalse.

El refrigerante solamente es utilizado en una chumacera, o sea que actúa una vez en los extremos de cualquier maza, de tal forma que por cada virgen, hay seis cajas de enfriamiento pertenecientes a la superior, a la cañera y a la bagacera, enfriados individualmente³.

El caudal de agua producto del enfriamiento de cada virgen, es depositado en un pequeño tanque abierto ubicado en el extremo inferior cada virgen, en donde se juntan y mezclan uniformemente. El tanque abierto sirve para monitorear los cambios que ha sufrido el agua.

Los métodos que se utilizan para la medición de temperatura absorbida por cada chumacera abarcan dos formas, 1) en forma táctil, donde se da una aproximación de la temperatura y 2) por un medidor de temperatura con apuntador láser. El método para detectar agentes contaminantes productos del proceso es por medio visual y táctil.

En el fondo del pequeño tanque abierto existe un agujero el cual conecta con la red de desagües del tándem, donde se descargan y unen todas las aguas servidas del tándem que por medio de un desnivel, las precipita hacia una canaleta.

³ Ver Dibujo de Distribución del Agua en cada Molino, Anexo 4

Esta canaleta transporta el agua residual a un sistema de drenajes que por medio de tubos es desechada como aguas servidas de la fábrica.

3. Calentamiento de las Chumaceras

Cuando un cuerpo se mueve ya sea sobre una superficie o a través de un medio viscoso, hay una resistencia al movimiento debido a que el cuerpo interactúa con sus alrededores, dicha fuerza recibe el nombre de fricción. Estas fuerzas descargan energía al sistema de diferentes formas, en el caso estudiado, su principal fuente de descarga es por medio de calor, lo que ocasiona una elevación en la temperatura del lubricante y por transferencia de calor repercute tanto en la temperatura de las chumaceras como en el refrigerante utilizado.

El calentamiento de las chumaceras o específicamente de las tejas, es el resultado de la fricción del muñón de los ejes de las mazas con las tejas o chumaceras. En el proceso de expresión de la caña de azúcar, las presiones de trabajo más las presiones de los cabezotes hidráulicos en los molinos que ejercen en los extremos son bastante altas y se encuentran aproximadamente cerca de 3500 psi.

La mayoría de chumaceras inferiores (mazas cañera y bagacera) estudiadas están divididas en dos mitades, la parte superior constituida por una cubierta construida en acero inoxidable para evitar la acidulación producto del jugo de caña y la parte inferior constituida por una teja de bronce con su respectiva caja de enfriamiento, para disminuir el calentamiento.

Las chumaceras superiores (maza superior) están construidas de bronce en ambos lados, o sea, tanto en la parte superior como en la inferior poseen tejas. Con la diferencia que la parte superior está sujeta a una caja de enfriamiento. La construcción de la caja

de enfriamiento para la maza superior difiere de las mazas cañera y bagacera, pues en su parte superior posee los cabezotes.

Las cajas de enfriamiento de las chumaceras utilizan un sellado en los extremos para evitar que existan fugas del serpentín. El sellado es por medio de un listón de hule de forma circular, en el caso de las mazas cañera y bagacera se utiliza de diámetro de $\frac{1}{4}$ " y para las mazas superiores se utiliza de diámetro de $\frac{3}{8}$ ". En los dos casos se les aplica silicón para mejorar el sellado y de esta manera evitar cualquier fuga.

Los muñones del eje de las mazas cañera y bagacera donde la carga es mucho menor, como se menciona hay utilización de acero inoxidable para disminuir los costos de una teja de bronce. Esto es posible, pues la carga que recibe ésta, es muy pequeña en relación al otro extremo.

Para asegurar la teja de bronce contra la caja de enfriamiento, es necesario colocar de 10, 12 ó 15 tornillos de bronce de $\frac{3}{4}$ " por $2\frac{1}{2}$ ", dependiendo de la caja de enfriamiento, entre la base de la caja de enfriamiento y la teja.

Las chumaceras para una mejor operación, utilizan como lubricante Esso Gear Cover 40, el cual contiene en una base de alta viscosidad, sin asfalto, de litio, más un paquete aditivo de extrema presión. La combinación de grafito y disulfuro de molibdeno (moly) es lo que da a este producto su gran capacidad en soportar cargas. Las inspecciones típicas de este producto pueden variar ligeramente por especificaciones en fabricación, pero en general son las siguientes:

Tipo de Jabón	Litio
Apariencia	Suave, Gris Oscura
Grado NLGI	0
Penetración, 60 golpes, 70 °C	360-380
Viscosidad de la base de aceite CST a 40 °C	1000

CST a 100 °C	60
Carga de Timken OK, Kg (lb)	27(60)
Prueba en cuatro esferas, ASTM D 2596	
Sin rayado, Kg	126
Punto de Soldadura, Kg	500
Índice de desgaste de carga, Kg	96
Punteo de goteo, °C	+175

El problema principal del sistema de enfriamiento, es el calentamiento excesivo de las chumaceras, debido a una mala transferencia de calor entre la caja de enfriamiento de la chumacera y el refrigerante.

Los sedimentos, arenas, palos, algas, etc. que acarrea el agua dan como resultado un empobrecimiento en la transferencia de calor, evitando una eficiente operación⁴.

Otro problema que disminuye la eficiencia en la transferencia de calor, es debido a que la grasa impide que las superficies internas de la caja de la chumacera se humedezcan en forma adecuada y causan sobrecalentamiento en áreas de elevada entrada de calor. Aún más, la grasa puede carbonizarse y formar un revestimiento aislante que se adhiere con firmeza, evitando así un enfriamiento uniforme.

Esto se debe a que en la mayoría de zafras los tornillos de bronce que unen a la teja con la caja de enfriamiento se desgastan, produciéndose una infiltración del lubricante Esso Gear Cover 40, dentro del refrigerante; esto sucede, pues existe una mayor presión del lado del lubricante, en comparación con la presión del lado interior de la caja de enfriamiento en donde se encuentra el refrigerante, y por consecuencia la grasa busca su punto de equilibrio energético.

⁴ Ver Dependencia de Afluentes Cercanos

El agrietamiento interno de las cajas de enfriamiento en su base, producto de las altas presiones de trabajo, significa otra pérdida del refrigerante; no se puede descartar, que sea ocasionado por la corrosión y por la antigüedad de las mismas.

El calentamiento excesivo de las tejas, da como resultado una expansión en el material, durante el período de zafra o mientras se tenga un movimiento radial. El problema radica en el período de mantenimiento, cuando se desmontan las tejas, para limpieza y revisión de los canales de enfriamiento. Las tejas al estar en contacto con la temperatura ambiente sufren dilatación y contracción en forma desigual, o sea que no se da en forma uniforme en todas las partes de la teja, lo que origina que al momento de colocarlas nuevamente en las cajas de enfriamiento, no cacen y cierren completamente, para dejar en ocasiones $\frac{1}{4}$ " de luz entre los extremos de las cajas y las tejas.

4. Dependencia de Afluentes Cercanos

La dependencia de los afluentes naturales, en el área de molinos es casi total, pues en la ausencia de este recurso, no podrían enfriar las chumaceras de los molinos, si éste cambiara su cauce o disminuya en forma crítica su caudal.

El río posee una desviación de la corriente principal, con el propósito de llenar el tanque de abastecimiento. Donde el agua recibe un tratamiento físico de eliminación de sólidos suspendidos, por medio de la sedimentación o decantación. El agua pasa por una especie de serpentines a baja velocidad al eliminar la mayor parte de sólidos y lodos.

El proceso de zafra se lleva a cabo durante la estación de verano que resulta en una disminución en el nivel del río. La dependencia de este recurso para que el proceso de enfriamiento de las chumaceras se realice es total. Por ello cualquier cambio en los afluentes es crítico.

Entre los problemas que causa el agua de los afluentes, es que en su composición se encuentra una gran cantidad de arenas, tierras, sedimentos, algas, ramas, etc. que ocasionan atascamientos en las tuberías y cajas de las chumaceras al ocasionar el paro parcial o total del sistema de enfriamiento que produce una menor eficiencia del mismo.

Las incrustaciones duras, que forman ciertos constituyentes en las zonas de elevada entrada de calor, retardan el flujo de éste y elevan las temperaturas del metal. Esto ocasiona el sobrecalentamiento y la falla de las partes a presión. Las partículas sólidas o el lodo que en general se encuentran en suspensión pueden llegar a depositarse en determinados puntos y restringir el flujo de agua de enfriamiento o en algunos casos, depositarse en forma de capas aislantes, con un efecto resultante similar al que producen las incrustaciones duras.

El problema es la presencia de arena, tierra y pequeñas piedras que por la velocidad y presión del caudal actúan como abrasivo en los equipos y sistemas por donde transitan. El problema se intensifica cuando existen grandes precipitaciones o lluvias, comunes en la región del país donde se encuentra el Ingenio, pues hay un lavado en las inmediaciones del río y turbulencia en las aguas del mismo.

Por otra parte, cuando hay erupciones muy frecuentes, se encuentra presencia de cenizas en el agua que ocasionan un mayor desgaste del equipo, producto del efecto de esmeril.

5. Contaminación de Aguas Servidas

En la Federal Clean Water Act, un contaminante se define como desechos del dragado, desperdicio sólido, residuos de incineradores, aguas negras, residuos, lodos de aguas negras, desperdicios químicos de municiones, materiales biológicos, calor, equipo

arruinado o desecho, roca, arena, mugre de sótanos y desperdicio industrial, municipal y agrícola que se descarga en el agua.

La contaminación de las aguas servidas o el regreso del refrigerante al cauce del río producto del proceso, es uno de los problemas que radican en el sistema actual.

La elevación de temperatura de las aguas servidas es uno de los problemas del sistema actual, que ocasiona una disminución de la flora y fauna del río. Entre otros está la mezcla de grasa, jugo, bagacillo, contaminantes propios del proceso. Se disminuye la cantidad de oxígeno en el río.

A fin de sostener a los peces y la vida acuática, el agua debe contener cierta cantidad de *oxígeno disuelto* (OD)⁵. Los desechos orgánicos como el bagacillo y el guarapo consumen oxígeno por acción microbiológica.

6. Gastos

Los gastos del sistema de enfriamiento actual son incalculables, debido a que las pérdidas de piezas y componentes de los mecanismos utilizados en el período de extracción de azúcar, en algunos casos son restauradas y en otros casos, se construyen de nuevo.

Una forma de estudiar los gastos del sistema de enfriamiento en circuito abierto es, en base al gasto de agua que requiere. Como sabemos el caudal total es de 160.035 GPM⁶.

⁵ Ver Reglamentos de Requisitos Mínimos y Límites Máximos Permisibles, Anexo 1

⁶ Ver Tabla 2.1, "Rapidez de Flujo de Volumen"

Al conocer los precios del agua potable en la ciudad capital, podemos hacer una estimación del gasto del refrigerante, para un futuro donde sea preciso un gasto para la obtención del recurso natural.

Caudal al mes	26,170.4868 m ³
Precio:	
Precio al mes	Q.888.00 ⁷
Precio al año	Q.10,656.00

O sea que podemos pensar que el gasto en un futuro será igual a Q10,656.00 al año por este recurso.

B. Análisis

1. Pérdidas en el Sistema de Tuberías

La distribución del agua a través de las instalaciones del Ingenio Pantaleón se encuentra distribuida tal como lo muestra el Anexo 3⁸.

Para un mejor análisis del sistema de distribución de agua en el área de estudio, se divide en dos partes:

- a) *Sistema de Alimentación*
- b) *Sistema de Desagüe*

⁷ Ver Prensa Libre 11 de Noviembre de 2000, "Precio de Agua para el 2001"

⁸ Ver Distribución de Agua en el Ingenio Pantaleón, Anexo 3

Para determinar algunos cálculos se tomó como base a un extremo del molino y se supuso la misma cantidad para el otro extremo.

a. Sistema de Alimentación:

El análisis de este sistema se encuentra a partir del tanque cilíndrico hasta la distribución y alimentación de las cajas de enfriamiento. Se encuentra representado en el Anexo 6⁹. La rapidez de volumen de flujo, velocidad del fluido, coeficientes de fricción, pérdidas en la tubería y cambios en la presión se determinan de la siguiente manera:

1. *Rapidez de flujo de volumen de agua:* Para encontrar el valor correspondiente, se utilizaron dos toneles, uno de 55 galones para el desagüe principal y otro de 5 galones para los dos desagües secundarios o laterales; para cronometrar los diferentes tiempos de llenado y al saber que la rapidez de flujo de volumen, es el volumen de flujo de fluido que pasa por una sección por unidad de tiempo.

$$Q = \frac{Vol}{t}$$

Donde Q = Caudal (GPM)

Vol = Volumen (Galones)

t = tiempo (Minutos)

Los resultados están descritos en la Tabla 2.1 y los cálculos en el Apéndice B.1.

⁹ Ver Distribución de Agua en el Tándem de Molinos, Anexo 6

Tabla 2.1.
Rapidez de Flujo de Volumen

CAUDAL		
Principales	Pérdidas (5%)	Total
[GPM]	[GPM]	[GPM]
150.484	7.5242	158.008
150.260	7.5130	157.773
147.310	7.3655	154.676
151.701	7.5850	159.286
152.186	7.6093	159.796
151.442	7.5721	159.014
156.171	7.8085	163.979
150.648	7.5324	158.180
155.169	7.7585	162.928
155.819	7.7910	163.610
155.373	7.7686	163.141
	Promedio	160.035
	[ft³/s]	0.356

Entre las pérdidas se toma en cuenta el sellado de las mangueras de distribución a cada caja de chumacera, que están insertadas a presión y apretadas por alambre de amarre; las otras son fugas que posee la tubería por estar vieja y en mal estado.

2. *Rapidez del flujo de volumen de agua en cada chumacera:* Se realizó el método anteriormente mencionado para cada chumacera, y los resultados se encuentran en la Tabla 2.2. y los cálculos en el Apéndice B.2. La Tabla 2.2. muestra los valores del caudal parcial en un extremo del eje y el total utilizado por cada maza del molino.

Tabla 2.2.
Rapidez de Flujo de Volumen para cada Chumacera

Molino	Maza	Un extremo (Lado Corona)		Total
		Caudal (GPM)	Caudal (ft ³ /s)	Caudal (ft ³ /s)
1	Cañera	4.6429	0.01034	0.02068
	Bagacera	5.6044	0.01248	0.02496
	Superior	4.3973	0.00979	0.01959
2	Cañera	5.2508	0.01169	0.02339
	Bagacera	4.5215	0.01007	0.02014
	Superior	3.9132	0.00872	0.01743
3	Cañera	2.2570	0.00503	0.01005
	Bagacera	0.3377	0.00075	0.00150
	Superior	2.3606	0.00526	0.01051
4	Cañera	2.2570	0.00503	0.01005
	Bagacera	0.3377	0.00075	0.00150
	Superior	2.3606	0.00526	0.01051
5	Cañera	3.8850	0.00865	0.01731
	Bagacera	3.5151	0.00783	0.01566
	Superior	5.6215	0.01252	0.02504
6	Cañera	3.2686	0.00728	0.01456
	Bagacera	4.2179	0.00939	0.01879
	Superior	5.2237	0.01163	0.02327
7	Cañera	4.0527	0.00903	0.01805
	Bagacera	5.4434	0.01212	0.02425
	Superior	3.7841	0.00843	0.01686
SUMA		77.2527	0.17206	0.34411

3. *Coefficientes de Resistencia:* Los coeficientes de fricción, longitud equivalente y coeficientes de resistencia se determinan de acuerdo al Anexo 6. y a los diámetros nominales, tomados de la referencia 1 y 2. El resumen de los componentes se encuentra resumido en la tabla 2.3.

Tabla 2.3.
Coeficientes de Resistencia

Cantidad	Componente	L_e/D	Diámetro nominal	f_t	K
42	Válvula de Globo	340	1/2"	0.027	9.18
42	Entrada por Contracción	-----	1/2"	-----	0.78
3	Válvula de Compuerta	8	4"	0.017	0.14
2	Codos de radio largo de 90°	20	3"	0.018	0.36
1	Filtro	-----	4"	-----	6.50
8	Codos de estándar de 90°	30	4"	0.017	0.51
1	Pérdida por Salida	-----	4"	-----	1.00

4. *Presión Manométrica en la entrada a las cajas de las chumaceras:* La presión se determinó con manómetros colocados en la tubería de 1/2" y se hicieron varias mediciones en las diferentes salidas. El valor fue de 4 psi, la suposición es que el cambio del valor de la presión no rebasa ± 0.5 psi, en cualquiera de las entradas a las cajas de enfriamiento.
5. *Presión Manométrica antes de la Válvula de Globo en la Tubería de Diámetro Nominal de 1/2":* Se determina al utilizar los valores en la Tabla 2.3, el valor de los caudales parciales de la Tabla 2.1. y la presión medida en el inciso anterior. Para el cálculo se utiliza la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli).¹⁰

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

Donde $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

¹⁰ Ver Referencia [1] ó [2]

z_1 = Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

z_2 = Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

v_1 = Velocidad Inicial (ft/s)

v_2 = Velocidad Final (ft/s)

g = Gravedad (ft/s²)

h_A = Cabeza de Altura de Bomba (ft)

h_R = Cabeza de Altura de Motor (ft)

h_L = Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

Los resultados de una aproximación de la presión manométrica en la entrada de la válvula de globo están en la tabla 2.4 y los cálculos en el Apéndice B.3.

Tabla 2.4.
Presiones Manométricas (Entrada Tubería de ½")

Cambio de Presión (lb/ft²)	Presión Final (lb/ft²)	Presión Inicial (lb/ft²)
244.1613	576	820.1613
341.5371	576	917.5371
222.2192	576	798.2192
303.6078	576	879.6078
233.1638	576	809.1638
182.4589	576	758.4589
81.4606	576	657.4606
32.2422	576	608.2422
86.1873	576	662.1873
81.4606	576	657.4606
32.2422	576	608.2422
86.1873	576	662.1873
180.2878	576	756.2878
153.2303	576	729.2303
343.4381	576	919.4381
136.7054	576	712.7054
206.9423	576	782.9423
300.8009	576	876.8009
193.4432	576	769.4432
323.9662	576	899.9662
172.6372	576	748.6372
Promedio		763.5419

6. *Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"*: Las distancias de salida del caudal de agua para cada chumacera se representan en el Anexo 6. Los cálculos de pérdidas en el sistema se muestran en el Apéndice B.4. Los valores de las cabezas de energía se describen en la Tabla 2.5. y los cambios en la presión se presentan en la Tabla 2.6. tomados a partir del promedio de presión de entrada en la Tabla 2.4. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli).

Tabla 2.5.
Cabezas de Energía

LADO ESPIGA		
Velocidad (ft)	Pérdida (ft)	Elevación (ft)
-0.1870	5.0848	-2.9847

LADO CORONA		
Velocidad (ft)	Pérdida (ft)	Elevación (ft)
-0.1870	5.4786	-3.4554

Tabla 2.6.
Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"

LADO ESPIGA		
Cambio de presión (lb/ft²)	Presión Final (lb/ft²)	Presión Inicial (lb/ft²)
119.0475	763.5419	882.5894

LADO CORONA		
Cambio de presión (lb/ft²)	Presión Final (lb/ft²)	Presión Inicial (lb/ft²)
114.2677	763.5419	877.8096

7. *Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"*: Las distancias de los codos, válvulas de compuerta, filtros y longitudes de tubería se representan en el

Anexo 6. Los cálculos de pérdidas en el sistema se muestran en el Apéndice B.5. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli).

Para los coeficientes de fricción y longitud equivalente se utilizaron los valores de la Tabla 2.3. Los valores de las cabezas de energía y los cambios en la presión, tomados a partir del promedio de presión de entrada en la Tabla 2.6., son los siguientes:

Cabeza de Energía:

Pérdidas Menores	3.6132 ft.
Elevación	-7.0417 ft.

Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4”:

Cambio de Presión	-663.0524 lb/ft ²
Presión Final	880.1995 lb/ft ²
Presión Inicial	217.1471 lb/ft ²

8. *Tubería de Diámetro Nominal de 12” y 6’*: Las cabezas de energía de presión, velocidad y pérdidas no se calcularon pues están fuera de nuestro análisis. Sin embargo se encuentran representadas en el Anexo 6.

En la evaluación de la ecuación general de la energía (expansión de Bernoulli) para los cálculos de las tuberías, se erradica la cabeza de adición de energía o cabeza de bomba, pues toda la presión y velocidad adquirida por el caudal de agua, se debe únicamente a la gravedad. Aunque existe una pequeña adición por temperatura se

puede despreciar y para el cálculo ocurre al final del proceso. Asimismo, se erradica la cabeza de remoción de energía, pues el agua no impulsa ningún mecanismo hidráulico.

b. Sistema de Desagüe:

El análisis de este sistema se encuentra a partir de los depósitos de desagüe ubicados para cada caja de enfriamiento de las chumaceras de los molinos de extracción de caña de azúcar¹¹. La rapidez de volumen de flujo, velocidad del fluido, coeficientes de fricción, pérdidas en la tubería y cambios en la presión se determinan de la siguiente manera:

1. *Rapidez del flujo de volumen en cada molino:* A partir de los valores de la Tabla 2.2. se determinan los valores de rapidez de flujo de volumen para cada molino. La Tabla 2.7. muestra los resultados. Primero el caudal parcial en un extremo y el total utilizado por cada molino. Los cálculos se encuentran en el apéndice B.6.

Tabla 2.7.
Rapidez de Flujo de Volumen para cada Molino

Molino	Caudales Parciales (ft³/s)	Caudales Totales (ft³/s)
1	0.03261591	0.065231827
2	0.03047995	0.060959903
3	0.01103629	0.022072574
4	0.01103629	0.022072574
5	0.02900139	0.058002780
6	0.02830779	0.056615584
7	0.02957745	0.059154908

¹¹ Ver Escape de Agua Residuales del Tándem de Molinos, Anexo 7

2. *Coefficientes de Resistencia:* Los valores de coeficientes de fricción, longitud equivalente y coeficientes de resistencia se determinan de acuerdo al Anexo 7 y a los diámetros nominales, tomados de la referencia 1 y 2. El resumen de los componentes se encuentra resumido en la tabla 2.8.

Tabla 2.8.
Coefficientes de Resistencia

Cantidad	Componente	L_e/D	Diámetro nominal	ft	K
14	Pérdida por Salida	-----	1-1/2"	-----	1.00
14	Entrada por Contracción	-----	1-1/2"	-----	0.78
2	Codos de radio largo de 90°	8	4"	0.017	0.14
1	Entrada por Dilatación	-----	6"	-----	0.62
4	Codos de radio largo de 90°	8	6"	0.015	0.12

3. *Presión Manométrica después de los tanques de desagüe de cada molino:* Se determinó al utilizar los valores en la Tabla 2.8. y los caudales parciales de la Tabla 2.7. Para el cálculo se utiliza la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli)¹²:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

Donde $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

¹² Ver Referencia [1] ó [2]

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

Los valores de las cabezas de energía se presentan en la Tabla 2.9 y los resultados de una aproximación de la presión manométrica en la salida de la tubería de 1 ½" se presentan en la tabla 2.10. Los cálculos en el Apéndice B.7.

Tabla 2.9.
Cabezas de Energía (Lado Espiga)

Pérdidas Totales (ft)	Cambio de Altura (ft)	Cabeza de Velocidad (ft)
0.17166	1.83333	0.08262
0.15015	1.83333	0.07215
0.02030	1.83333	0.00946
0.02030	1.83333	0.00946
0.13609	1.83333	0.06532
0.12973	1.83333	0.06223
0.14149	1.83333	0.06794

Tabla 2.10.
Presión Manométrica (Salida Tubería de 1 ½")

Molino (Lado Espiga)	Presión Final (lb/ft ²)
1	98.21696
2	100.20641
3	112.18228
4	112.18228
5	101.50552
6	102.09293
7	101.00697
Promedio	103.91334

4. *Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"*: Las distancias de salida del caudal de agua para cada molino se representan en el Anexo 7. Los cálculos de pérdidas en el sistema se muestran en el Apéndice B.8. Las cabezas de energía se describen en la Tabla 2.11. y los cambios en la presión se presentan en la Tabla 2.12. tomados a partir del promedio de presión de entrada en la Tabla 2.10. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli).

Tabla 2.11.
Cabezas de Energía

LADO ESPIGA		
Velocidad (ft)	Pérdida (ft)	Elevación (ft)
-0.030451596	0.302980637	3.184316691

LADO CORONA		
Velocidad (ft)	Pérdida (ft)	Elevación (ft)
-0.030451596	0.365154073	3.502257542

Tabla 2.12.
Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"

LADO ESPIGA		
Cambio de presión (lb/ft²)	Presión Inicial (lb/ft²)	Presión Final (lb/ft²)
215.0158045	103.913335	318.9291395

LADO CORONA		
Cambio de presión (lb/ft²)	Presión Inicial (lb/ft²)	Presión Final (lb/ft²)
238.6589132	103.913335	342.5722483

5. *Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"*: Las distancias de los codos, válvulas de compuerta, filtros y longitudes de tubería se representan en el Anexo 7. Los cálculos de pérdidas en el sistema se muestran en el Apéndice B.9. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli).

El cálculo se realiza antes de la desembocadura del agua en el desagüe, donde se sabe que la presión manométrica es igual a 0. Las cabezas de energía y los cambios en la presión tomados a partir del promedio de presión final en la Tabla 2.12. se presentan a continuación:

Cabeza de Energía:

Pérdidas Menores	0.11691 ft.
Elevación	8.5 ft.

Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 6":

Cambio de Presión	521.4284 lb/ft ²
Presión Inicial	330.7507 lb/ft ²
Presión Final	852.1791 lb/ft ²

Para el diseño es necesario conocer la presión final del caudal de agua, para una buena estimación de bomba si fuese necesario, al aplicar los datos actuales.

2. Calentamiento de las Chumaceras y Refrigerante

Para determinar los cambios que ocasiona la temperatura en el refrigerante producto del proceso de expresión de caña de azúcar, se realizó el siguiente estudio:

1. *Temperatura del Agua Inicial:* La temperatura del agua en el inicio del proceso se determina por medio de un termómetro con apuntador láser. La temperatura inicial es de 77 °F, con un cambio de ± 0.1 °F.
2. *Temperaturas de las Tejas:* Para la obtención de las temperaturas en las chumaceras, se utiliza un termómetro con apuntador láser. El período analizado fue de un mes, a diferentes horas. Los resultados de la medición se presentan en la Tabla 2.13. para el lado espiga y Tabla 2.14. para el lado coronas. Los resultados muestran los puntos más altos y bajos, y el promedio de temperatura en el período estudiado.

Tabla 2.13.
Temperatura de Chumaceras (Lado Espiga)

MOLINO	SUPERIOR			CAÑERA			BAGACERA		
	Menor (°F)	Promedio (°F)	Mayor (°F)	Menor (°F)	Promedio (°F)	Mayor (°F)	Menor (°F)	Promedio (°F)	Mayor (°F)
1	80.60	85.55	89.60	80.60	86.15	89.60	84.20	89.90	100.40
2	82.40	85.85	89.60	84.20	90.65	113.00	86.00	92.90	104.00
3	82.40	110.71	167.00	82.40	87.47	93.20	87.80	96.80	114.80
4	78.80	107.75	167.00	89.60	109.55	138.20	86.00	105.35	129.20
5	84.20	88.70	98.60	98.60	114.50	136.40	87.80	92.00	96.80
6	84.20	90.20	100.40	87.80	98.90	114.80	87.80	93.35	100.40
7	82.40	92.30	100.40	86.00	98.15	111.20	87.80	99.35	107.60

Tabla 2.14.
Temperatura de Chumaceras (Lado Coronas)

MOLINO	SUPERIOR			CAÑERA			BAGACERA		
	Menor (°F)	Promedio (°F)	Mayor (°F)	Menor (°F)	Promedio (°F)	Mayor (°F)	Menor (°F)	Promedio (°F)	Mayor (°F)
1	93.20	103.70	125.60	87.80	97.10	109.40	89.60	102.05	120.20
2	93.20	101.30	118.40	89.60	95.30	111.20	84.20	90.50	102.20
3	87.80	96.96	123.80	87.80	101.55	123.80	82.40	99.09	132.80
4	86.00	94.85	105.80	87.80	91.10	95.00	84.20	99.80	125.60
5	87.80	95.60	105.80	87.80	104.75	161.60	87.80	92.30	96.80
6	93.20	101.75	111.20	91.40	104.45	118.40	91.40	97.70	107.60
7	91.40	102.05	107.60	93.20	107.45	149.00	87.80	95.00	105.80

Las temperaturas obtenidas en el período de estudio de campo se encuentran en el apéndice C.1.

3. *Transferencia de Calor por Convección Forzada o Convección Libre:* La transferencia de calor por convección dependiendo si existe una fuente externa de movimiento, se le conoce como *convección libre* en ausencia de ésta y *convección forzada* cuando la fuente está presente.

Para determinar si la transferencia de calor por convección es libre o forzada, se utiliza la siguiente relación¹³:

$$\left(\frac{Gr_L}{N_{RL}^2} \right)$$

Donde $Gr_L = \text{Número de Grashoff}$

$N_{RL} = \text{Número de Reynolds}$

El promedio de los resultados se presenta en la Tabla 2.15. y los cálculos en el Apéndice C.2.

Tabla 2.15.
Relación de Convección Forzada o Libre

Molino	Maza	LADO	LADO
		ESPIGA	CORONAS
		Relación	Relación
		Gr/N_R^2	Gr/N_R^2
1	Cañera	2.87E-07	6.97E-07
	Bagacera	2.92E-07	6.29E-07
	Superior	1.00E-06	3.71E-06
2	Cañera	3.76E-07	5.22E-07
	Bagacera	5.95E-07	4.95E-07
	Superior	7.93E-07	2.50E-06

¹³ Ver Referencia [3]

Molino	Maza	LADO ESPIGA	LADO CORONAS
		Relación Gr/N _R ²	Relación Gr/N _R ²
3	Cañera	1.37E-05	3.68E-05
	Bagacera	1.28E-03	1.42E-03
	Superior	5.39E-05	2.74E-05
4	Cañera	5.27E-05	1.90E-05
	Bagacera	1.94E-03	1.51E-03
	Superior	4.77E-05	2.35E-05
5	Cañera	2.22E-06	6.95E-07
	Bagacera	9.12E-07	1.52E-06
	Superior	4.44E-07	7.17E-07
6	Cañera	1.65E-06	2.15E-06
	Bagacera	7.00E-07	9.17E-07
	Superior	6.98E-07	1.43E-06
7	Cañera	1.03E-06	1.64E-06
	Bagacera	6.01E-07	4.68E-07
	Superior	1.57E-06	2.76E-06

Los resultados muestran que la relación es mucho menor que uno, por lo tanto el número de Nusselt, está solamente en función del número de Reynolds y Prandtl y la transferencia de calor por convección es de tipo forzada.

4. *Rapidez de Transferencia de Calor*: Como se mencionó anteriormente, al existir una fuerza disipativa o “no conservativa”, la energía perdida por el roce del eje contra la teja es disipada en forma de calor. En el caso en estudio, el calor en la teja disminuye su temperatura por medio de transferencia de calor por convección. Para expresar este efecto total de rapidez de transferencia de calor, se utiliza la ley de enfriamiento de Newton¹⁴:

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

¹⁴ Ver Referencia [3]

Donde q = Rapidez de Tránsito de Calor (BTU/h)

h = Convección Térmica de Calor (BTU/h ft² °F)

A = Área Superficial de Contacto (ft²)

T_s = Temperatura Superficial de la Placa (°F)

T_∞ = Temperatura del Ambiente (°F)

Existen también efectos de transferencia de calor por conducción y radiación, pero se eliminan, debido a que son despreciables en comparación a la fuente principal de transferencia de calor por convección. El promedio de los resultados de la rapidez del calor generado se presenta en la Tabla 2.16. y los cálculos en el apéndice C.3.

Tabla 2.16.
Rapidez de Tránsito de Calor

Molino	Maza	LADO	LADO
		ESPIGA	CORONAS
		Transferencia de Calor (BTU/h)	
1	Cañera	4069.67	9283.32
	Bagacera	6798.91	13743.14
	Superior	2473.78	8252.03
2	Cañera	4666.49	6341.89
	Bagacera	4836.34	4073.70
	Superior	2018.84	5838.54
3	Cañera	635.40	1524.41
	Bagacera	472.76	526.93
	Superior	1835.98	1245.43
4	Cañera	2049.96	859.84
	Bagacera	683.79	546.44
	Superior	1661.38	1105.57
5	Cañera	10773.27	3757.63
	Bagacera	3703.64	5833.00
	Superior	3412.16	5315.64
6	Cañera	5242.83	6673.43
	Bagacera	4694.96	6023.41
	Superior	3863.73	7504.77
7	Cañera	6000.82	9008.95
	Bagacera	8010.67	6367.40
	Superior	3485.86	5862.09

5. *Calor absorbido por el Refrigerante:* Para que exista un intercambio de calor, el refrigerante debe incrementar su temperatura adquiriendo parte del calor generado por la chumacera. Para expresar el efecto total de transferencia de calor por convección hacia el refrigerante y resultado del incremento de la temperatura del fluido.

El cálculo de la temperatura de salida del fluido se hace a partir de la eficiencia del sistema, con la ecuación¹⁵:

$$\varepsilon \equiv \frac{q}{q_{MAX}}$$

$$\varepsilon = \frac{C_c(T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})}$$

Donde ε = Eficiencia

q = Rapidez de Flujo de Calor Real (BTU/h)

q_{MAX} = Rapidez de Flujo de Calor Máximo (BTU/h)

C_c = Capacitancias Térmicas del flujo frío (BTU h/°F)

C_{min} = Capacitancias Térmicas del flujo mínimo (BTU h/°F)

El promedio de los resultados de la rapidez del calor generado se presenta en la Tabla 2.17. y los cálculos en el apéndice C.4.

Tabla 2.17.
Temperatura Final del Refrigerante

Molino	Maza	LADO	LADO
		ESPIGA	CORONAS
		Temperatura Final (°F)	
1	Cañera	78.76	81.01
	Bagacera	79.43	81.92
	Superior	78.13	80.76
2	Cañera	78.78	79.42
	Bagacera	79.15	78.81
	Superior	78.03	79.99

¹⁵ Ver Referencia [3]

Molino	Maza	LADO	LADO
		ESPIGA	CORONAS
		Temperatura Final (°F)	
3	Cañera	77.56	78.35
	Bagacera	79.81	80.13
	Superior	78.56	78.06
4	Cañera	78.82	77.76
	Bagacera	81.06	80.25
	Superior	78.41	77.94
5	Cañera	82.56	78.94
	Bagacera	79.11	80.33
	Superior	78.22	78.90
6	Cañera	80.22	81.10
	Bagacera	79.23	79.86
	Superior	78.48	79.88
7	Cañera	79.97	81.46
	Bagacera	79.95	79.35
	Superior	78.85	80.11
Promedios		79.20	79.73
Promedio Total		79.4628	

Los cálculos precedentes son una representación de las condiciones que se tienen en la actualidad y evaluar respecto a los resultados, el diseño propuesto.

V. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN CIRCUITO CERRADO

A. Sistema de Enfriamiento del Tándem

El sistema de enfriamiento para las chumaceras del tándem de molinos propuesto consiste en utilizar los componentes del sistema actual, para convertirlo en un sistema de enfriamiento en circuito cerrado, o mejor explicado, como una recirculación del agua utilizada como refrigerante.

Las mejoras que se obtendrán con el sistema de enfriamiento en circuito cerrado repercuten en los principales problemas:

- a. Una menor contaminación del medio ambiente, producto de las aguas contaminadas utilizadas en el proceso.
- b. Una mayor utilización de los recursos naturales; para evitar el gasto innecesario de los mismos.
- c. Una mayor eficiencia de transferencia de calor en las cajas de enfriamiento, producto de la eliminación de residuos minerales y orgánicos.
- d. Un caudal más uniforme en las tuberías, producto de erradicar los desechos orgánicos (algas, palos, etc.) dentro de la misma.

B. Tipos de Tuberías y Bombas

Para determinar la utilización la tubería o de nuevas bombas, si son requeridas, es necesario un análisis en la eficiencia de las cajas de enfriamiento de las chumaceras de

los molinos. La eficiencia según el apéndice C.4 y sus respectivas Tablas C.4.a. y C.4.b. se puede visualizar ya que se encuentran en un promedio del 20% y en las chumaceras más críticas en un 5%.

El anterior enunciado da la pauta para un análisis, para el incremento en la eficiencia de las cajas de enfriamiento de las chumaceras. Y posteriormente determinar el caudal que cumpla con las respectivas condiciones.

A fin de un mejor análisis se utilizan las ecuaciones descritas en el Capítulo II, Sección 4. (Calentamiento de Chumaceras y Refrigerante), como se resumen a continuación¹⁶:

$$\left(\frac{Gr_L}{N_{RL}^2} \right)$$

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

$$\varepsilon \equiv \frac{q}{q_{MÁX}}$$

$$\varepsilon = \frac{C_c(T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})}$$

Donde Gr_L = Número de Grashoff

N_{RL} = Número de Reynolds

q = Rapidez de Tránsito de Calor (BTU/h)

h = Convección Térmica de Calor (BTU/h ft² °F)

A = Área Superficial de Contacto (ft²)

T_s = Temperatura Superficial de la Placa (°F)

T_∞ = Temperatura del Ambiente (°F)

ε = Eficiencia

$q_{MÁX}$ = Rapidez de Flujo de Calor Máximo (BTU/h)

¹⁶ Ver Referencia [3]

$C_c = \text{Capacitancias Térmicas del flujo frío (BTU h}^\circ\text{F)}$

$C_{min} = \text{Capacitancias Térmicas del flujo mínimo (BTU h}^\circ\text{F)}$

- *Eficiencia de la Caja de Enfriamiento de las Chumaceras a diferentes Caudales:*
Por las ecuaciones anteriormente descritas, se puede observar que el caudal es inversamente proporcional a la eficiencia en el proceso.

Para incrementar la eficiencia en el intercambiador, es necesario utilizar un procedimiento de prueba-resultado, debido a que no se puede utilizar la iteración del caudal, pues éste valor es inversamente proporcional a la eficiencia y las variables dependen únicamente de la temperatura.

Con la intención de cumplir con los requerimientos expuestos del Ingenio Pantaleón, debemos utilizar los valores propuestos por el mismo. La temperatura propuesta y la temperatura de entrada están expresadas a continuación:

Temperaturas:

Refrigerante (agua)	77° F
Teja de la Chumacera	95° F

El caudal total y los caudales parciales o de cada caja de enfriamiento de prueba a utilizar, se encuentran resumidos en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.
Caudales Propuestos

Caudales Totales [GPM]	Caudales Parciales [GPM]	Caudales Parciales (ft ³ /s)
150	3.5714	0.007954
125	2.9762	0.006628
100	2.3810	0.005303

Caudales Totales [GPM]	Caudales Parciales [GPM]	Caudales Parciales (ft ³ /s)
75	1.7857	0.003977
50	1.1905	0.002651
25	0.5952	0.001326
20	0.4762	0.001061
15	0.3571	0.000795
10	0.2381	0.000530
5	0.1190	0.000265
4	0.0952	0.000212
3	0.0714	0.000159
2	0.0476	0.000106
1	0.0238	0.000053

El promedio de las eficiencias y la temperatura final del refrigerante de las cajas de enfriamiento de las chumaceras para cada maza, con las temperaturas condicionales y los caudales de la Tabla 3.1, se presentan en la Tabla 3.2 y los cálculos en el Apéndice D.1.

Tabla 3.2.
Eficiencia y Temperatura Final

Caudales Totales [GPM]	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°F)
150	0.0437	77.7866
125	0.0479	77.8617
100	0.0535	77.9634
75	0.0618	78.1125
50	0.0757	78.3625
25	0.1070	78.9269
20	0.1197	79.1543
15	0.1382	79.4876
10	0.1693	80.0467
5	0.2394	81.3086
4	0.2676	81.8172
3	0.3090	82.5624
2	0.3785	83.8126
1	0.5352	86.6344

Aunque aparentemente la evaluación en los caudales mayores haya disminuido la eficiencia de las cajas de enfriamiento, en comparación con los valores del capítulo II, hay que tomar en cuenta que las temperaturas de las tejas están a temperaturas mayores y en el nuevo análisis la temperatura de la teja se mantiene constante.

Para el análisis se dividirá en dos partes al igual que en el capítulo anterior:

- a) Sistema de Admisión
- b) Sistema de Desagüe

a. Sistema de Admisión:

1. *Caudal Propuesto para el Análisis:* Determinadas las condiciones de los valores de eficiencia y temperatura final a partir de los caudales de prueba, se procede a proponer el caudal que utilizaremos para el análisis del sistema de enfriamiento en circuito cerrado.

El caudal propuesto para el funcionamiento, es de **140 GPM** y los cálculos se hacen con base en este valor.

2. *Transferencia de Calor por Convección Forzada o Convección Libre:* Para determinar si la transferencia de calor por convección es libre o forzada, al utilizar el caudal del inciso anterior se utiliza la siguiente relación¹⁷:

$$\left(\frac{Gr_L}{N_{RL}^2} \right)$$

¹⁷ Ver Referencia [3]

Donde $Gr_L = \text{Número de Grashoff}$

$N_{RL} = \text{Número de Reynolds}$

Los resultados se presentan en la Tabla 3.3. y los cálculos en el Apéndice D.2.

Tabla 3.3.
Relación de Convección Forzada o Libre

Molino	Maza	Relación Gr/N_R^2
1	Cañera	1.48E-06
	Bagacera	1.48E-06
	Superior	5.00E-06
2	Cañera	1.56E-06
	Bagacera	1.56E-06
	Superior	3.02E-06
3	Cañera	1.45E-05
	Bagacera	1.45E-05
	Superior	1.49E-05
4	Cañera	1.45E-05
	Bagacera	1.45E-05
	Superior	1.49E-05
5	Cañera	1.56E-06
	Bagacera	1.56E-06
	Superior	2.57E-06
6	Cañera	1.56E-06
	Bagacera	1.56E-06
	Superior	3.02E-06
7	Cañera	1.56E-06
	Bagacera	1.56E-06
	Superior	3.02E-06

Los resultados muestran que la relación es mucho menor que uno, por lo tanto el número de Nusselt, está solamente en función del número de Reynolds y Prandtl y la transferencia de calor por convección es de tipo forzada.

3. *Rapidez de Transferencia de Calor:* Como se mencionó en el capítulo anterior, al existir una fuerza disipativa o “no conservativa”, la energía perdida por el roce del

eje contra la teja es disipada en forma de calor. El calor en la teja disminuye su temperatura por medio de transferencia de calor por convección. Para expresar este efecto total de rapidez de transferencia de calor, se utiliza la ley de enfriamiento de Newton¹⁸:

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

Donde q = Rapidez de Trasterencia de Calor (BTU/h)

h = Convección Térmica de Calor (BTU/h ft² °F)

A = Área Superficial de Contacto (ft²)

T_s = Temperatura Superficial de la Placa (°F)

T_∞ = Temperatura del Ambiente (°F)

Existen también efectos de transferencia de calor por conducción y radiación, pero se eliminan, debido a que son despreciables en comparación a la fuente principal de transferencia de calor por convección. Los resultados de la rapidez del calor generado se presentan en la Tabla 3.4. y los cálculos en el apéndice D.3.

Tabla 3.4.
Rapidez de Transferencia de Calor

Molino	Maza	Transferencia de Calor (BTU/h)
1	Cañera	501.190092
	Bagacera	501.190092
	Superior	389.391732
2	Cañera	410.263698
	Bagacera	410.263698
	Superior	336.820739
3	Cañera	437.672461
	Bagacera	437.672461
	Superior	431.871328
4	Cañera	437.672461
	Bagacera	437.672461
	Superior	431.871328

¹⁸ Ver Referencia [3]

Molino	Maza	Transferencia de Calor (BTU/h)
5	Cañera	410.263698
	Bagacera	410.263698
	Superior	319.009208
6	Cañera	410.263698
	Bagacera	410.263698
	Superior	336.820739
7	Cañera	410.263698
	Bagacera	410.263698
	Superior	336.820739

4. *Eficiencia de las Cajas de Enfriamiento de las Chumaceras:* Debido al intercambio de calor, el refrigerante debe incrementar su temperatura. Para expresar el efecto total de transferencia de calor por convección hacia el refrigerante o el cálculo del incremento en la temperatura de salida del fluido, es a partir de las siguientes ecuaciones¹⁹:

$$\varepsilon \equiv \frac{q}{q_{MAX}}$$

$$\varepsilon = \frac{C_c(T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})}$$

Donde ε = Eficiencia

q = Rapidez de Flujo de Calor Real (BTU/h)

q_{MAX} = Rapidez de Flujo de Calor Máximo (BTU/h)

C_c = Capacitancias Térmicas del flujo frío (BTU h/°F)

C_{min} = Capacitancias Térmicas del flujo mínimo (BTU h/°F)

Los resultados de la eficiencia y la temperatura final se presentan en la Tabla 3.5. y los cálculos en el apéndice D.4.

¹⁹ Ver Referencia [3]

Tabla 3.5.
Eficiencia y Temperatura Final con 140 GPM

Molino	Maza	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.055248	77.994462
	Bagacera	0.055248	77.994462
	Superior	0.042924	77.772632
2	Cañera	0.045225	77.814046
	Bagacera	0.045225	77.814046
	Superior	0.037129	77.668320
3	Cañera	0.048246	77.868430
	Bagacera	0.048246	77.868430
	Superior	0.047607	77.856920
4	Cañera	0.048246	77.868430
	Bagacera	0.048246	77.868430
	Superior	0.047607	77.856920
5	Cañera	0.045225	77.814046
	Bagacera	0.045225	77.814046
	Superior	0.035165	77.632979
6	Cañera	0.045225	77.814046
	Bagacera	0.045225	77.814046
	Superior	0.037129	77.668320
7	Cañera	0.045225	77.814046
	Bagacera	0.045225	77.814046
	Superior	0.037129	77.668320
Promedios		0.045237	77.814258

Después del análisis anterior, se puede proceder a determinar las presiones, velocidades, pérdidas en la tubería, elevaciones y bombas necesarias para el diseño.

5. *Presión Manométrica en la entrada a las cajas de las chumaceras:* La presión necesaria para una buena admisión del refrigerante dentro de las cajas de enfriamiento, principalmente de las chumaceras de los molinos 3 y 4 se determina por medio de una bomba manual y manómetros, para realizar varias mediciones.

El valor obtenido es aproximadamente de **10 psi**, la suposición es que el cambio del valor de la presión no rebasa ± 1 psi.

6. *Presión Manométrica antes de la Válvula de Globo en la Tubería de Diámetro Nominal de 1/2"*: Se determina al utilizar los valores en la Tabla 2.3, el valor del caudal del inciso 3.2.a.1. y la presión medida en el inciso anterior. Para el cálculo se utiliza la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli)²⁰:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

Donde p_1 = Presión Inicial (lb/ft²)

p_2 = Presión Final (lb/ft²)

γ = Peso Específico (lb/ft³)

z_1 = Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

z_2 = Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

v_1 = Velocidad Inicial (ft/s)

v_2 = Velocidad Final (ft/s)

g = Gravedad (ft/s²)

h_A = Cabeza de Altura de Bomba (ft)

h_R = Cabeza de Altura de Motor (ft)

h_L = Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

Los cálculos se presentan en el Apéndice D.5. y los resultados de una aproximación de la presión manométrica en la entrada de la válvula de globo están a continuación:

²⁰ Ver Referencia [1] ó [2]

Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de ½”:

Cambio de Presión	31.8316 lb/ft ²
Presión Final	1440.0000 lb/ft ²
Presión Inicial	1471.8316 lb/ft ²

7. *Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3”:* Las distancias de salida del caudal de agua para cada chumacera se representan en el Anexo 6. Los cálculos de pérdidas en el sistema, se muestran en el Apéndice D.6. Los valores de las cabezas de energía se describen en la Tabla 3.6. y los cambios en la presión se presentan en la Tabla 3.7. tomados a partir del promedio de presión de entrada en el inciso anterior. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli).

**Tabla 3.6.
Cabezas de Energía**

LADO ESPIGA		
Velocidad (ft)	Pérdida (ft)	Elevación (ft)
-0.1576	3.6831	-2.9847

LADO CORONA		
Velocidad (ft)	Pérdida (ft)	Elevación (ft)
-0.1576	3.2978	-3.4554

**Tabla 3.7.
Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3”**

LADO ESPIGA		
Cambio de presión (lb/ft ²)	Presión Final (lb/ft ²)	Presión Inicial (lb/ft ²)
33.6499	1471.8316	1505.4815

LADO CORONA		
Cambio de presión (lb/ft ²)	Presión Final (lb/ft ²)	Presión Inicial (lb/ft ²)
-19.6125	1471.8316	1452.2191

8. *Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"*: Las distancias de los codos, válvulas de compuerta, filtros y longitudes de tubería se representan en el Anexo 6. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli). Para los coeficientes de fricción y longitud equivalente se utilizaron los valores de la Tabla 2.3.

Los cálculos de pérdidas en el sistema se muestran en el Apéndice D.7. Los valores de las cabezas de energía y los cambios en la presión, tomados a partir del promedio de presión de entrada en la Tabla 3.7. se presentan a continuación:

Cabeza de Energía:

Pérdidas Menores	2.5659 ft.
Elevación	-7.0417 ft.

Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4":

Cambio de Presión	-597.8770 lb/ft ²
Presión Final	1478.8503 lb/ft ²
Presión Inicial	880.9733 lb/ft ²

En la evaluación de la ecuación general de la energía (expansión de Bernoulli) para los cálculos de las tuberías, se erradicó la cabeza de adición de energía o cabeza de bomba, pues toda la presión y velocidad adquirida por el caudal de

agua, se debe únicamente a la gravedad. Aunque existe una pequeña adición por temperatura se puede despreciar y para nuestro cálculo ocurre al final del proceso. Asimismo, se elimina la cabeza de remoción de energía, pues el agua no impulsa ningún mecanismo hidráulico.

9. *Elevación de la Torre de Enfriamiento:* Para propósitos del diseño del sistema de enfriamiento en circuito cerrado, es necesario colocar a cierta altura la torre de enfriamiento, para evitar de esta manera la instalación de una bomba.

Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli). Los cálculos de la elevación necesaria de la torre de enfriamiento se encuentran en el Apéndice D.8. y el resultado de las cabezas de energía a continuación:

Cabeza de Energía:

Pérdidas Menores	4.8006268 ft.
Velocidad	0.1102066 ft.
Presión	14.1567000 ft.

La elevación de la torre de enfriamiento a partir de la entrada de agua de la tubería de diámetro nominal de 4" nos da un resultado de **19.0676 ft.** Para el resultado anterior, se utiliza la presión inicial del inciso anterior, y una tubería de diámetro nominal de 4". Las cabezas de pérdidas menores y de velocidad, son mínimas en comparación con la cabeza de presión. Esto hace posible que realicemos una suposición u obviamos componentes en la tubería de admisión de diámetro nominal de 4" para nuestro análisis²¹.

²¹ Ver Apéndice D.8

Por medio de alturas realizadas por el departamento de obras civiles del Ingenio Pantaleón, la ubicación de la torre de enfriamiento, al tomar en cuenta el valor de la elevación calculada, podría realizarse en las inmediaciones de la Toma de Agua.

b. Sistema de Desagüe:

1. *Presión Manométrica después de los tanques de desagüe de cada molino:* Para determinar el valor de la presión manométrica en cada desagüe se divide el valor de 140 gpm dentro de los 14 tanques que posee el tándem. Para el cálculo se utiliza la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli)²²:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

Donde $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

²² Ver Referencia [1] ó [2]

Los resultados de una aproximación de la presión manométrica en la salida de la tubería de 1 ½" da el resultado con un valor de **106.63614 lb/ft²**. Solamente se presenta un resultado, pues se sabe que el caudal es constante. Los cálculos se encuentran en el Apéndice D.9. Los valores de las cabezas de energía se presentan a continuación:

Cabeza de Energía:

Pérdidas Menores	0.08092 ft.
Elevación	1.83333 ft.
Velocidad	0.03855 ft.

2. *Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"*: Las distancias de salida del caudal de agua para cada molino se representan en el Anexo 7. Los cálculos de pérdidas en el sistema se muestran en el Apéndice D.10. Las cabezas de energía se describen en la Tabla 3.8. y los cambios en la presión se presentan en la Tabla 3.9. tomados a partir del resultado de la presión en el inciso anterior. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli).

**Tabla 3.8.
Cabezas de Energía**

LADO ESPIGA		
Velocidad (ft)	Pérdida (ft)	Elevación (ft)
-0.025012985	0.269345711	3.184316691

LADO CORONA		
Velocidad (ft)	Pérdida (ft)	Elevación (ft)
-0.025012985	0.32076303	3.502257542

Tabla 3.9.
Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"

LADO ESPIGA		
Cambio de presión (lb/ft²)	Presión Inicial (lb/ft²)	Presión Final (lb/ft²)
213.3305667	106.6361406	319.9667074

LADO CORONA		
Cambio de presión (lb/ft²)	Presión Inicial (lb/ft²)	Presión Final (lb/ft²)
236.312032	106.6361406	342.9481726

3. *Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"*: Las distancias de los codos, válvulas de compuerta, filtros y longitudes de tubería se representan en el Anexo 7. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli). Los cálculos de pérdidas en el sistema se muestran en el Apéndice D.11. Las cabezas de energía y los cambios en la presión, tomados a partir del promedio de presión final en la Tabla 3.9 se presentan a continuación:

Cabeza de Energía:

Pérdidas Menores	0.09680 ft.
Elevación	8.50000 ft.

Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 6":

Cambio de Presión	522.8470 lb/ft ²
Presión Final	331.4574 lb/ft ²
Presión Inicial	854.3044 lb/ft ²

El cálculo se realizó antes de la desembocadura del agua en el desagüe, donde se sabe que la presión manométrica es igual a 0.

4. *Cabeza de Bomba necesaria para la Torre de Enfriamiento:* Para escoger la bomba a utilizar con las condiciones predeterminadas, tenemos las diferentes alturas mostradas en el inciso 8 de admisión y los incisos 1 y 3 de desagüe. Para determinar la presión, tenemos la presión final del inciso anterior. Para determinar los diferentes valores se utiliza, la ecuación general de energía (expansión de la ecuación de Bernoulli). Los cálculos se muestran en el Apéndice D.12. Las cabezas de energía, la cabeza de bomba y potencia necesaria se presentan a continuación:

Cabeza de Energía:

Pérdidas Menores	23.87583 ft.
Elevación	45.60930 ft.
Presión	13.73038 ft.
Velocidad	0.53609 ft.

Cabeza y Potencia requerida por la Bomba:

Cabeza de Bomba	56.2908 ft.
Potencia	1092.4780 lb ft/s
Potencia (teórica)	1.9863 hp
Potencia (real)	3.3105 hp.

Para el resultado anterior se utiliza una tubería de diámetro nominal de 3". Las cabezas de pérdidas menores y de velocidad, son mínimas en comparación con la

pérdida por longitud, esto hace posible que se realice cualquier suposición o se obvие componentes en la tubería de admisión de diámetro nominal de 3" para el análisis²³.

5. *Bomba para el diseño:* Según las gráficas de eficiencia para determinar una bomba con las condiciones de los resultados anteriores, se escoge una bomba cinética de impulsor giratorio, al utilizar la más común, la bomba centrífuga²⁴. Las características generales de la bomba se presentan a continuación:

Características:

Succión	3 pulg.
Descarga	2 pulg.
Voltaje del Motor	230/460
Fase Eléctrica	3
Potencia	3 hp.
Eficiencia	60 %

C. Enfriamiento del Refrigerante

Para el diseño de un sistema de enfriamiento del refrigerante se utilizará una caída de agua, que usa los principios de las torres de enfriamiento. Esto lo podemos realizar debido al pequeño cambio en la temperatura del agua presentada en la Tabla 3.5 y la alta eficiencia y bajo costo en la construcción de una torre de enfriamiento.

²³ Ver Apéndice D.12

²⁴ Ver la gráfica de operación, Apéndice D.13.

1. *Entalpía a Diferentes Temperaturas:* Para determinar la entalpía del agua y del aire a diferentes temperaturas se utiliza la Gráfica No.2²⁵, al dar los resultados que se presentan en la Tabla 3.10. Las ecuaciones utilizadas son:

$$y = 0.0002x^3 + 0.0137x^2 + 1.2003x + 48.261$$

$$y = 1.25x + 37.36$$

Tabla 3.10.
Entalpías del Agua y del Aire

Temperatura (°F)	Entalpía del agua (BTU/lbm aire)	Entalpía del aire (BTU/lbm aire)
77	40.462	28.61
78	41.509	29.86
79	42.577	31.11
80	43.666	32.36

2. *Relación de Velocidades L_w/G :* Para el cálculo en la determinación del radio de velocidad que ocurre dentro de la torre de enfriamiento, se utiliza la Gráfica No.2 (ecuaciones de aproximación) y los datos del valor de entalpía del Apéndice D.14. La ecuación de aproximación es la siguiente:

$$y = 1.25x + 37.36$$

El valor del radio de velocidades L_w/G da un valor de 1.25 pues sabemos que la relación, es la pendiente de la entalpía del aire a diferentes temperaturas como lo indica la *figura 20*.

²⁵ Ver Ecuaciones de Aproximación, Apéndice D.14.

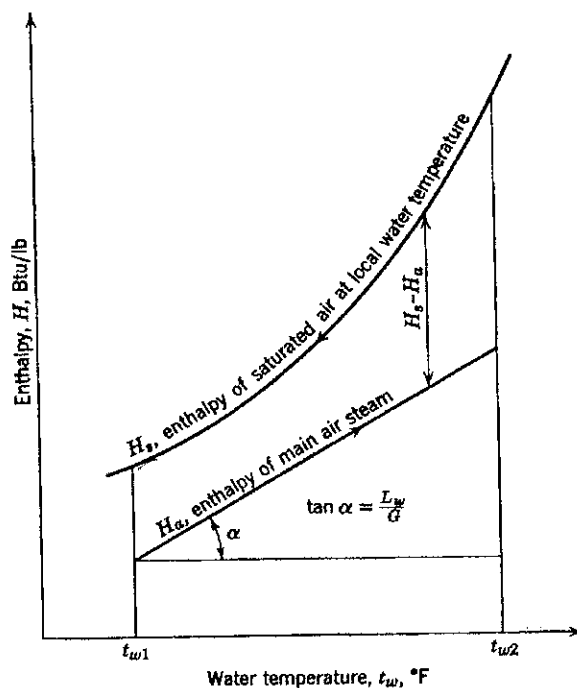


Figura 20. Diagrama que muestra el efecto de la temperatura del agua en la diferencia de entalpía entre el aire en contracorriente dentro de la torre y el aire saturado a la temperatura local del agua.²⁶

3. *Área Transversal y Altura de la Torre de Enfriamiento:* Para determinar el área transversal en la construcción de la torre de enfriamiento, se utilizan los valores de caudal de agua y altura del relleno. Para el cálculo se utilizaron las fórmulas siguientes²⁷:

$$\text{Area} = \frac{\text{Velocidad Másica Total}}{L_w}$$

$$\text{Altura de la Torre} = \text{Altura del Relleno} + 1.5 \text{ de la base (ancho o largo)}$$

²⁶ Ver Referencia [4]

²⁷ Ver Referencia [4]

Los cálculos se encuentran en el Apéndice D.15. El resultado del área transversal, así como del ancho y largo de la torre de enfriamiento se presentan a continuación:

Área Transversal de la Torre de Enfriamiento:

Área Trasversal	20 ft ²
Ancho	4 ft
Largo	5 ft

Los valores del ancho y el largo, se suponen a partir del cálculo del área transversal de la torre de enfriamiento. La altura del relleno a utilizar es de **4 ft**.

Altura de la Torre de Enfriamiento:

Altura del Relleno	4 ft
Altura Total	11.5 ft

4. *Comprobación de la Altura por medio de la Entalpía y Rellenos Teóricos:* Como comprobación que los valores a utilizar en el diseño, se encuentran en un margen aceptado, se calcula el tamaño de la torre por medio de la utilización de la entalpía de los dos fluidos. Se utiliza la siguiente ecuación²⁸:

$$\Delta H_m = \frac{\Delta H_2 - \Delta H_1}{2.3 \log \left[\frac{(\Delta H_2 - \delta h)}{(\Delta H_1 - \delta h)} \right]}$$

²⁸ Ver Referencia [4]

donde, $\Delta H_m = \text{Diferencia Logarítmica Promedio}$

$H_2 = \text{Diferencia de Entalpías del Aire y Agua Finales}$

$H_1 = \text{Diferencia de Entalpías del Aire y Agua Iniciales}$

$\delta h = \text{Entalpía de Corrección}$

El resultado para la diferencia logarítmica promedio de entalpía corregida, ΔH_m es de **11.270508**, al utilizar un valor de corrección de 0.3. Los cálculos se presentan en el Apéndice D.16.

La característica de la torre puede ser calculada por²⁹:

$$\frac{KaV}{L_w} = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\Delta H_m}$$

El error en esta estimación es muy pequeño y aceptable para cualquier cálculo. Por lo tanto la característica de la torre nos da un valor resultante de **0.08873**. Los cálculos se presentan en el Apéndice D.16.

Uno de los más significantes resultados es que, para una matriz de geometría dada, la característica de la torre KaV/L_w es casi directamente proporcional a la altura de la sección del paquete de relleno. Para un mejor diseño se utiliza el relleno teórico con las siguientes características:

Medidas:

Altura	24 in
Ancho	3/8 * 3/8 in ²

Constantes:

A	0.119
N	0.580

²⁹ Ver Referencia [4]

Se utiliza la ecuación del relleno³⁰:

$$\frac{KaV}{L_w} = 0.07 + AN \left(\frac{L_w}{G} \right)^n$$

Encontramos que N posee un valor de **0.179115**. Si se conoce el dato anterior podemos calcular la altura que poseerá el relleno dentro de la torre de enfriamiento con la siguiente ecuación³¹:

$$\text{Altura del relleno} = \text{Altura Teórica} * N$$

La altura del relleno dentro de la torre de enfriamiento nos da un resultado de **0.32853 ft**. La distancia, es muy pequeña debido a al cambio en las entalpías de los fluidos a las condiciones iniciales.

La altura de la torre de enfriamiento se deriva de las mismas fórmulas utilizadas en el inciso anterior y nos da un resultado de **7.85823 ft**. Esto nos demuestra que las suposiciones hechas en los incisos anteriores se pueden aplicar y el diseño cumple con los principios de entalpía dentro de una torre de enfriamiento.

5. *Mecanismo para el Movimiento del Aire dentro de la Torre de Enfriamiento:*
Como se conoce la velocidad del aire dentro de la torre, es necesario un mecanismo que mantenga esta condición. Para nuestro propósito se utilizará un ventilador de techo, cuya función es extraer o abastecer el interior de la torre de enfriamiento con aire, haciéndolo pasar a través del relleno y en contacto con el

³⁰ Referencia [4]

³¹ Referencia [4]

refrigerante. El ventilador de techo a utilizar debe cumplir las siguientes condiciones:

Velocidad	1000 ft ³ /min
Presión	14.6959 psi

D. Acondicionamiento del Refrigerante

Tratamiento de aguas

La finalidad del tratamiento de agua es evitar los depósitos de lodos e incrustación y la corrosión de las superficies internas de las cajas de chumaceras. Las incrustaciones duras, que forman ciertos constituyentes en las zonas de elevada entrada de calor, retardan el flujo de éste y elevan las temperaturas del metal. Esto puede dar lugar al sobrecalentamiento y a la falla de las partes a presión. Las partículas de sólidas o el lodo que en general se encuentran en suspensión pueden llegar a depositarse en determinados puntos y restringir el flujo de agua de enfriamiento o en algunos casos, depositarse en forma de capas aislantes, con un efecto resultante similar al que producen las incrustaciones duras. Las grasas y el aceite impiden que las superficies internas de la caja de la chumacera se humedezcan en forma adecuada y pueden causar sobrecalentamiento en áreas de elevada entrada de calor. Aún más, el aceite y la grasa pueden carbonizarse y formar un revestimiento aislante que se adhiere con firmeza. La corrosión, debida a condiciones ácidas o a los gases disueltos, puede debilitar las cajas, por la pérdida de metal. En general la corrosión se presenta como cavidades y picaduras en zonas localizadas, las que, al profundizarse, pueden perforar el metal. Es frecuente que la corrosión sea debajo de los depósitos interiores, por las elevadas temperaturas y los

depósitos de sólidos; por lo tanto, la corrosión y los depósitos de sólidos están estrechamente relacionados.

El medio por el cual se evita la contaminación en el agua utilizada, es tratándola por medios físicos o químicos. Para el diseño del sistema de enfriamiento en circuito cerrado se requiere el uso de un filtro de 3" a 125 (roscado) con 20 mesh en la succión de la bomba y en la entrada a la torre de enfriamiento, agua proveniente de la *Toma de Agua*.

E. Resumen

Al utilizar las condiciones iniciales siguientes:

Flujo:

Caudal	140 GPM
--------	---------

Caja de Enfriamiento:

Transferencia de Calor	410.3707 BTU/h (Promedio)
------------------------	---------------------------

Eficiencia	4.537 %
------------	---------

Refrigerante:

Temperatura Inicial	77 °F
---------------------	-------

Temperatura Final	95 °F
-------------------	-------

El diseño final para el sistema de enfriamiento en circuito cerrado, debe quedar con las siguientes características:

Tubería:		Material:
Admisión		Acero, cédula 40 de diámetro nominal de 4"
Desagüe		Acero, cédula 40 de diámetro nominal de 3"
Bomba:		
Potencia		3 hp
Voltaje del Motor		230/460
Fase Eléctrica		3
Eficiencia		60 %
Ventilador:		
Diámetro		900 mm
Condiciones de Trabajo		14.6959 psi & 1000 ft ³ /min
Configuración		SpeedVent Fans AFS-400 *
Torre de Enfriamiento:		
Ancho (base)		4 ft
Largo (base)		5 ft
Altura del Relleno		4 ft
Altura		12 ft
Elevación		19 ft (a partir de la tubería de admisión)
Filtro:		
Configuración *		3" a 125 (Roscado) con 20 de Mesh

F. Costos

Los costos de inversión para el sistema de enfriamiento en circuito cerrado diseñado son:

* Ver Gráfica de Funcionamiento, Apéndice D.17.

Unidades	Componente	Precio
18.5	Tubo Galvanizado de Diámetro Nominal de 4" Cédula 40, en tramos de 20 ft.	Q.21,830.00 ³²
27	Tubo Galvanizado de Diámetro Nominal de 3" Cédula 40, en tramos de 20 ft.	Q.23,355.00 ³³
1	Tubo Galvanizado de Diámetro Nominal de 1 ½" Cédula 40, en tramos de 20 ft.	Q.255.00
2	Filtro de 3" a 125 (Roscado)	Q.2,533.32 ³⁴
1	DMH3 Bomba Centrífuga STA-RITE 3HP	Q.7,034.56 ³⁵
1	PKG76 Brida de Succión Plana	Q.295.36 ³⁶
1	Ventilador	Q.1,000.00
1	Construcción de la Torre de Enfriamiento	Q.2,500.00
1	Relleno de la Torre	Q.1,000.00

³² Precio por Unidad Q.1,180.00, Cotización de ALAISA

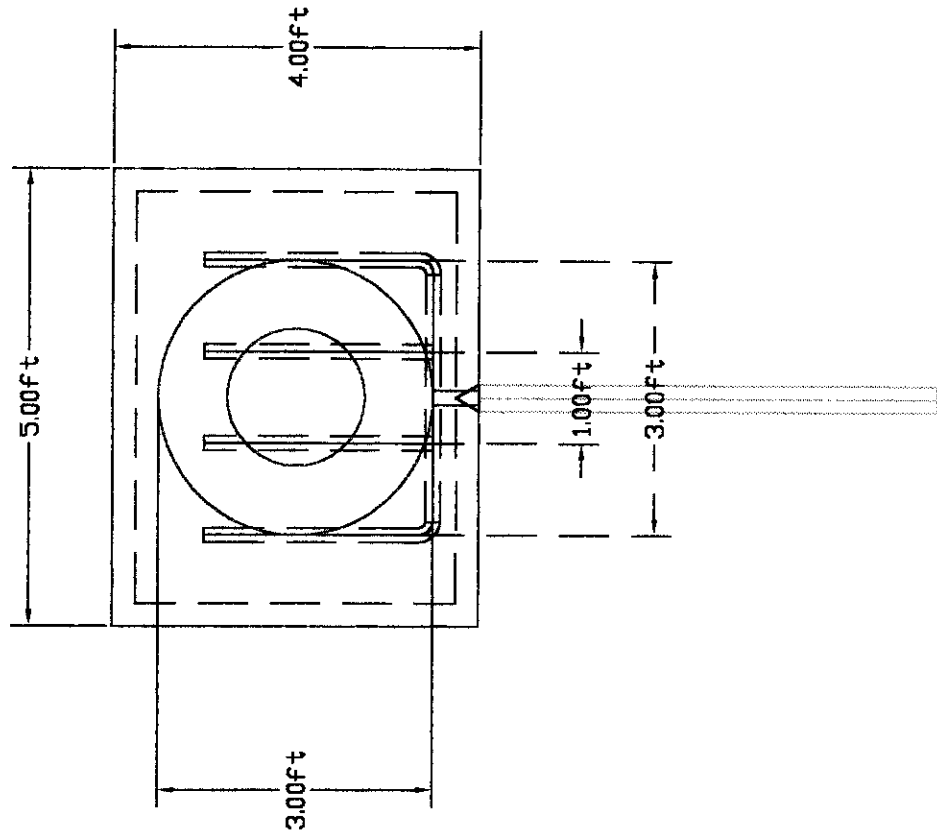
³³ Precio por Unidad Q.865.00, Cotización de ALAISA

³⁴ Cotización de ALAISA

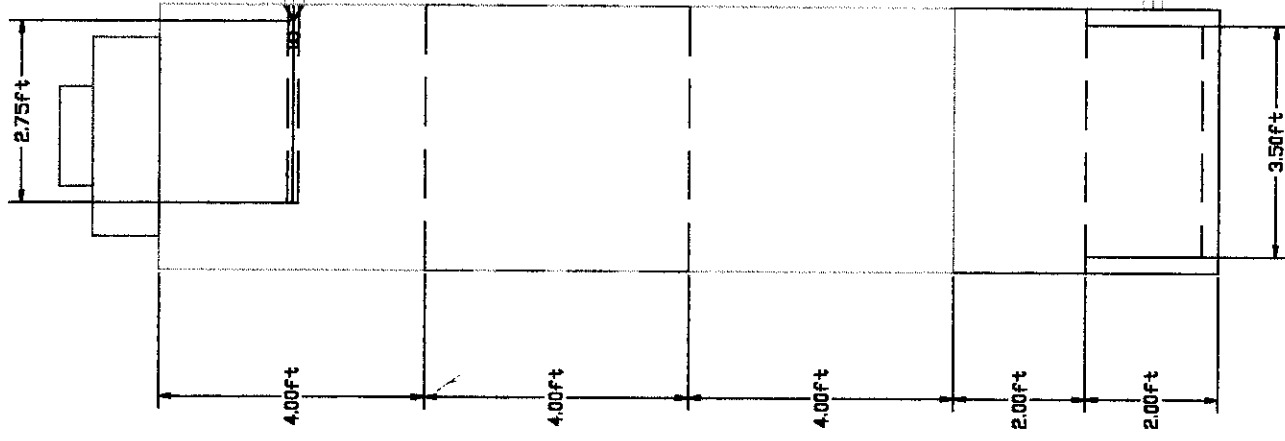
³⁵ Cotización Hidrotecnia, S.A.

³⁶ Cotización Hidrotecnia, S.A.

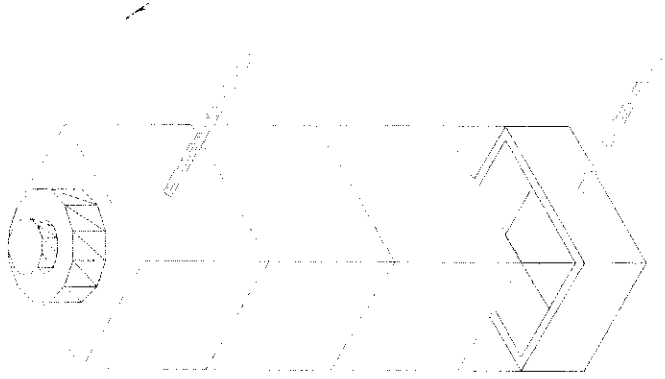
PLANTA



PERFIL



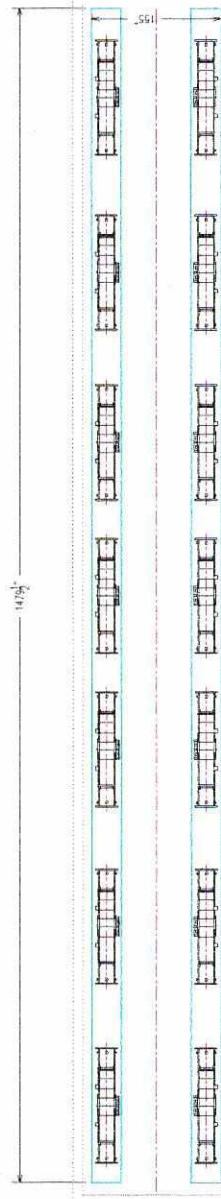
Dibujo de la Torre de Enfriamiento



Torre de Enfriamiento



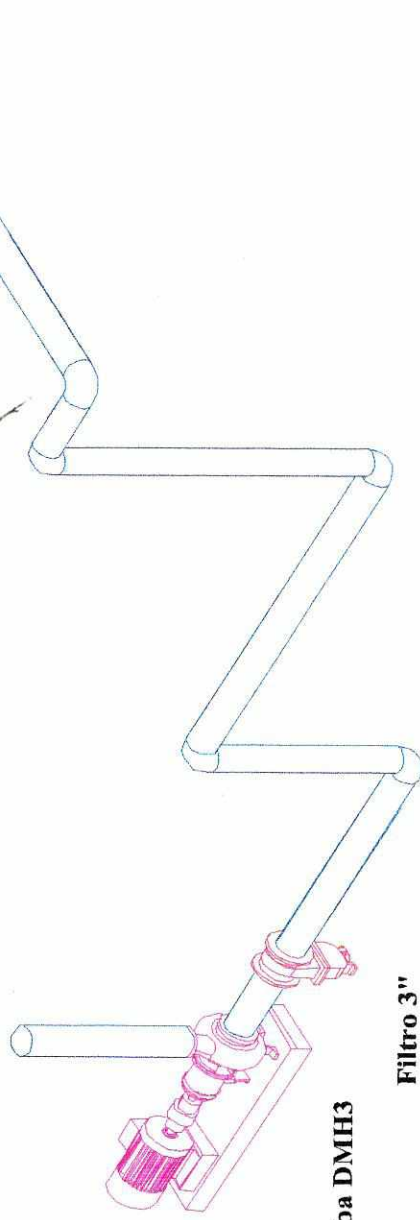
VISTA EN PLANTA



BO
D
O
D
I
N
M

Tubería de Diámetro Nominal de 6"

Hacia la Torre de Enfriamiento



Bomba DMH3

Filtro 3"

VI. ANÁLISIS DE COSTO

Análisis Comparativo

El análisis comparativo se hace con base en el sistema de enfriamiento actual en circuito abierto contra el sistema de enfriamiento propuesto en circuito cerrado. El resumen de los resultados se presenta a continuación:

	Sistema Actual	Sistema Propuesto
Caudal	160 GPM	140 GPM
Temperatura Inicial del Agua	77 °F	77 °F
Temperatura Final del Agua	79 °F	78 °F
Temperatura Máxima de la Teja	167 °F	95 °F
Temperatura Mínima de la Teja	79 °F	78 °F
Eficiencia de Transferencia de Calor en la Caja de Enfriamiento	20 %	4.5 %
Presión de Agua en la Entrada de la Caja de Enfriamiento	4 psi	10 psi
Arenas y Desechos Orgánicos en el Agua	SI	NO
Contaminación Ambiental por Aguas Servidas	SI	NO
Desgaste en los Accesorios del Enfriamiento de la Chumaceras	Mayor	Mínimo
Atascamiento de Agua por Suciedad	SI	NO
Mantenimiento después de cada Zafra	Mayor	Mínimo
Gasto Anual	Q.10,656.00 ³⁷	Q.1,000.00
Costo (construcción) ³⁸	-----	Q.65,000.00

³⁷ Sin incluir todos los gastos en el mantenimiento producto de una mala operación.

El análisis comparativo que se realiza en el inciso anterior, nos presenta de manera resumida los convenientes e inconvenientes de la propuesta en la construcción de un sistema de enfriamiento en circuito cerrado.

Aunque la eficiencia en la transferencia de calor disminuye considerablemente en las cajas de enfriamiento con el nuevo sistema, no necesariamente significa que su funcionamiento sea menor, sino que las temperaturas se mantendrían constantes y a menores niveles. Esto se debería principalmente a que disminuyen las partículas que se adhieren a las tejas y que forman una capa refractaria, al impedir una buena transferencia de calor.

El costo en la construcción del nuevo sistema es mínimo, comparado con los gastos anuales de mantenimiento por el sobrecalentamiento en las tejas de las chumaceras.

El Ingenio Pantaleón tiene entre sus objetivos principales, el velar por el cuidado del medio ambiente. La construcción de un sistema de enfriamiento en circuito cerrado erradicaría el consumo innecesario de un recurso natural y evitaría el incremento de aguas de proceso en los cauces del río.

³⁸ Costo Inicial

VII. CONCLUSIONES

1. El enfriamiento de las tejas de las chumaceras de los molinos se incrementa con el diseño del sistema de circuito cerrado, porque la operación se realiza con agua sin presencia de contaminantes.
2. La implementación del sistema de enfriamiento en circuito cerrado de las chumaceras del tándem de molinos del Ingenio Pantaleón, reduce los gastos ocasionados en los componentes debido al deterioro, por la acción de agentes externos como arena, material orgánico, aceites, grasas; presentes en el agua utilizada en el sistema actual.
3. Se reduce la contaminación del río Pantaleón como resultado de eliminar el desecho de aguas provenientes del proceso de enfriamiento de las chumaceras de los molinos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Al no implementarse el sistema de enfriamiento en circuito cerrado, es necesario elevar las presiones en la entrada de las cajas de enfriamiento de los molinos (especialmente 3 y 4). Esto puede realizarse con la instalación de una bomba o con la búsqueda de tuberías de agua a la presión necesaria.
- La instalación de un filtro en paralelo en la tubería de diámetro nominal de 6", se hace necesaria debido a que al realizar mantenimiento y limpieza del único filtro existente, se abre una tubería sin filtros y permite el paso de residuos contaminantes.
- De acuerdo a los efectos legales de la contaminación de ríos y afluentes de agua establecidos por el gobierno de Guatemala, la instalación del sistema de enfriamiento en circuito cerrado, logra controlar la contaminación por lubricantes.

10. Sanders, F.A.D. 1988. **Heat Exchangers. Selection, Design & Construction.** Primera Edición. Longnam Group UK Limited. 340 Páginas.
11. Spencer-Meade. 1967. **Manual de Azúcar de Caña.** Novena Edición. Montaner & Senion S.A. España. 936 Páginas.
12. Wood, A. 1976. **Water Lifters and Pumps for the Developing World.** Primera Edición. Colorado State University. USA. 316 Páginas.

ANEXOS

Anexo 1

▪ **Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la descarga de Aguas Servidas**

Este reglamento surge del acuerdo gubernativo número 60-89, al considerar que es deber del estado velar por la protección del agua para los diferentes usos de la misma, necesarios para la población, la agricultura, ganadería e industria.

El objetivo de este reglamento es establecer los límites de contaminación permisibles para las descargas de aguas servidas o de desecho, procedentes de las industrias, explotaciones agropecuarias y municipalidades del país, en los cuerpos receptores de aguas superficiales, subterráneas o costeras. El reglamento también establece que previo a la descarga, el ente responsable de la misma deberá someterla a un proceso purificador para eliminar su efecto contaminante y poder de esta manera mantener la calidad del agua. Al final del artículo primero se establece que la Comisión Nacional del Medio Ambiente será la responsable de la correcta aplicación del presente reglamento.

El reglamento considera dos tipos de aguas servidas:

- *Las descargas directas:* Es aquella que va directamente de la entidad generadora al cuerpo de agua receptor.
- *Las descargas indirectas:* Son las de aquellas entidades generadoras en la que su sistema de afluentes está conectado al sistema público de alcantarillado.

El reglamento describe las condiciones y los límites que deben tener las aguas servidas municipales, los límites máximos permisibles de contaminación de industrias cerveceras, procesadoras de lácteos, procesadores de aceites y grasas, procesadoras de

frutas y verduras, procesadoras de papas, procesadoras de jugo, procesadoras de pescado y productos pesqueros, procesadoras de carne y procesadoras de alcohol. Además también considera los límites máximos permisibles para la descarga de aguas servidas de la industria del beneficiado de café húmedo, de la industria de la caña de azúcar, de la industria de la tenería, de la industria procesadora de metales y de otras que empleen sales metálicas.

Los límites máximos permisibles para las descargas de aguas servidas aplicados a la industria azucarera, se presentan a continuación en la siguiente tabla:

MUESTRA	Sólidos sedimentados mL/L	Demanda química de oxígeno (DQO) mg/L	Demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días DBO5 mg/L
Muestra tomada al azar; máximo	0.5		
Muestra promedio de 2 hrs; máximo		45,000	40,000
Muestra promedio de 24 hrs; máximo		40,000	30,000

Por último, en el capítulo ocho del reglamento aparece que un monitoreo de los parámetros establecidos debe efectuarse de tres a cinco veces al año de acuerdo con los métodos establecidos por Normas Guatemaltecas COGUANOR correspondientes, o a falta de las mismas por las normas centroamericanas ICAITI, las normas norteamericanas para el examen de aguas y aguas de desechos de American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA) y la Water Pollution Control Federation (WPCF).

Para el monitoreo de las condiciones del agua, CONAMA es el que nombra a los laboratorios que están facultados para hacer los análisis de acuerdo con las normas establecidas. Según el reglamento todas las municipalidades e industrias deberían tener su

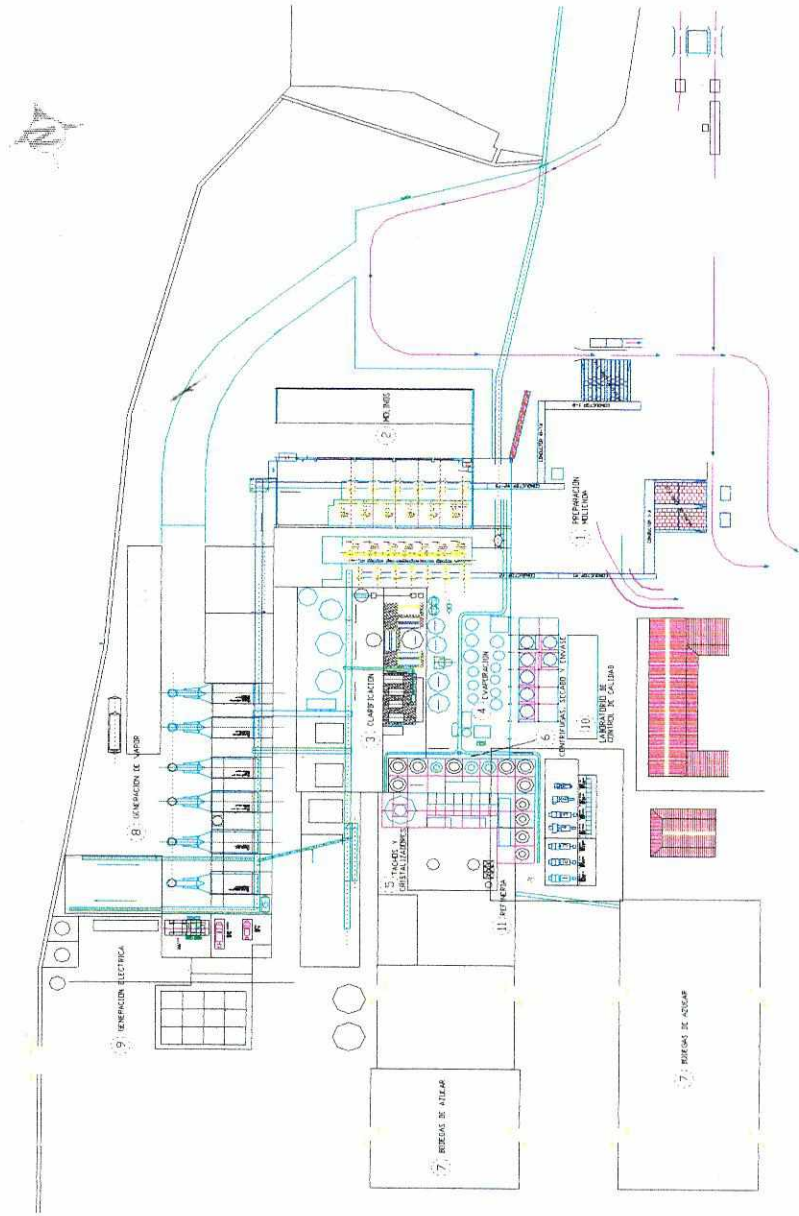
planta de tratamiento dentro de los dos años siguientes a la aprobación de este reglamento, que fue el 7 de febrero de 1989.

Se expone que si por alguna razón la condición anterior no se llegara a cumplir las municipalidades e industrias deberían de por lo menos un tanque de sedimentación de sólidos con un tiempo mínimo de residencia de 2 horas. Además, los lodos recuperados deben ser depositados en lugares sanitariamente apropiados y autorizados.

Finalmente dice que las acciones u omisiones que contravengan las disposiciones del reglamento, se manejarán de acuerdo a la protección y mejoramiento del medio ambiente, decreto 68-86 del Congreso de la República, capítulo cinco, título cinco.

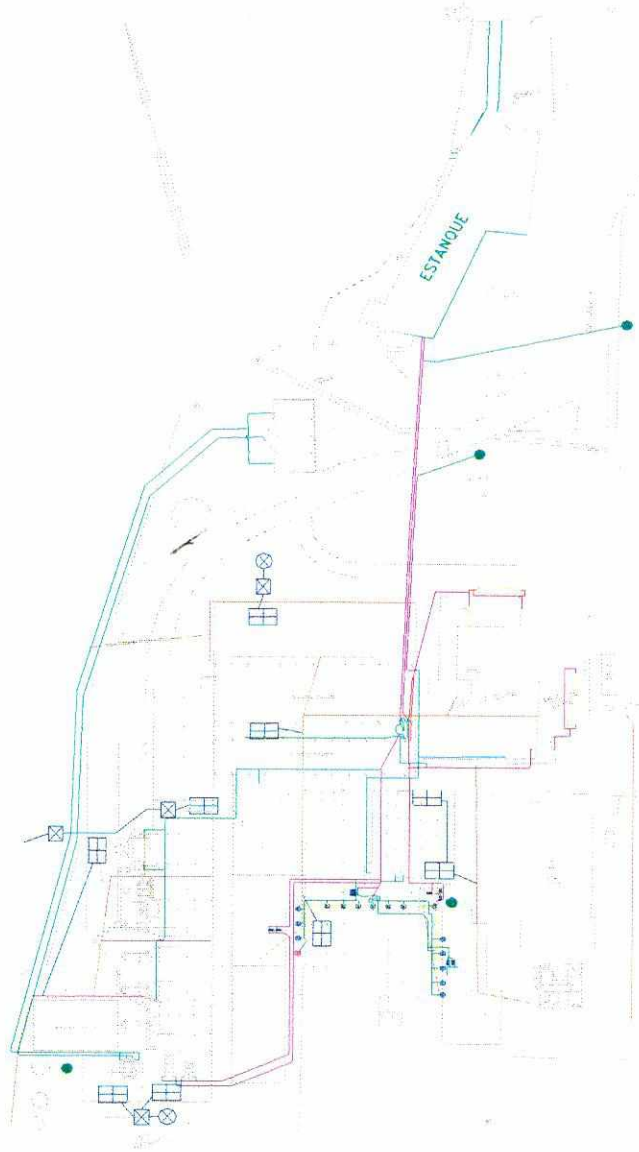
Anexo 2

INSTALACIONES INGENIO PANTALEÓN



Anexo 3

Distribución Agua del Ingenio Pantaleón

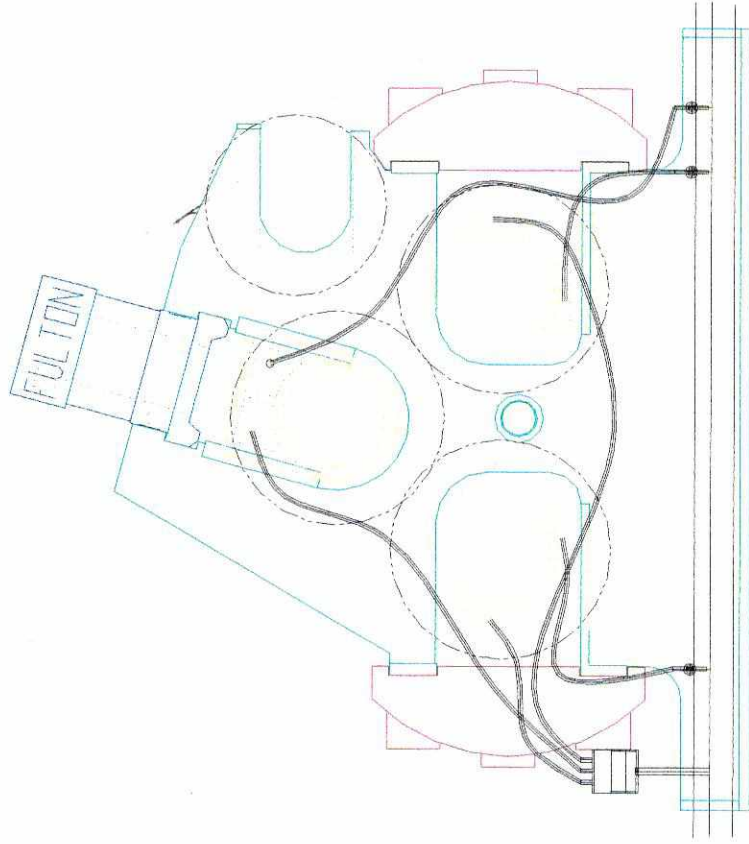


- TUBERIA DE SERVICIO
- AGUA LIMPIA (ENTRADA)
- AGUA SERVIR (SALE)
- AGUA RECIBIDO
- TUBERIA BAJO TIERRA
- CANAL AEREO
- PODO AGUA POTABLE
- ☒ BAZO
- ☒ FOSA
- ⊗ PODO DE SEDIMENTACION
- LAVAZO AUTOMOTRIZ
- SERVALE DE SERVICIO

NOTA:
 TODAS LAS EMPRINTAS O FLUJOS
 TIENEN A CORRER BUSCANDO EL SUR
 A EXCEPCION DEL FLUJO AGUA DE RECIBIDO
 EL CUAL POR MEDIO DE BOMBAS ES
 RETORNADO A SUS RESERVA DE LAVAZO.

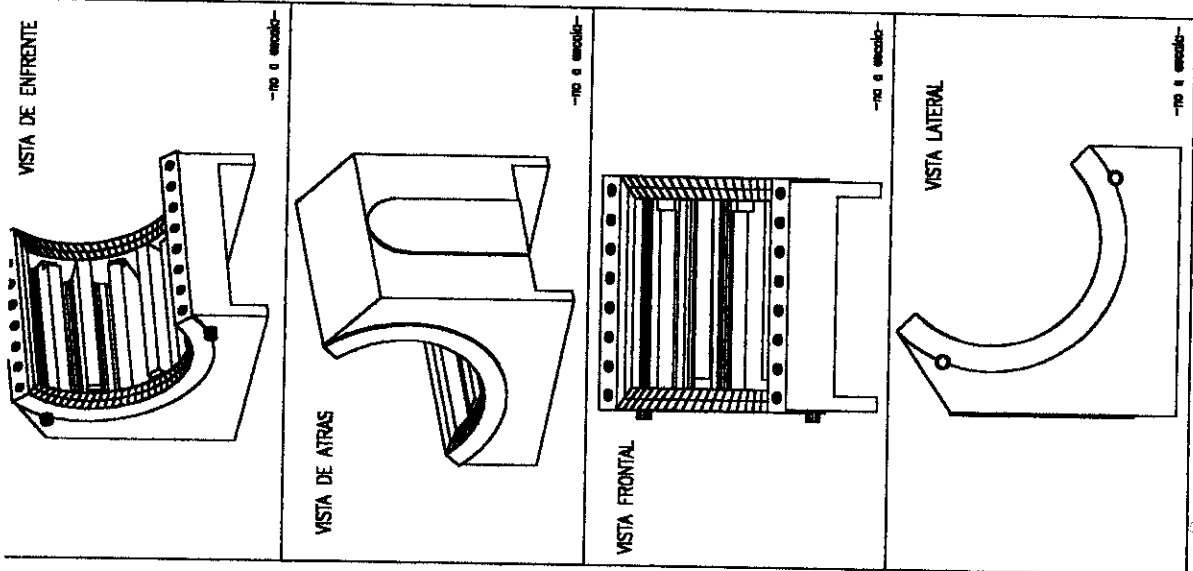
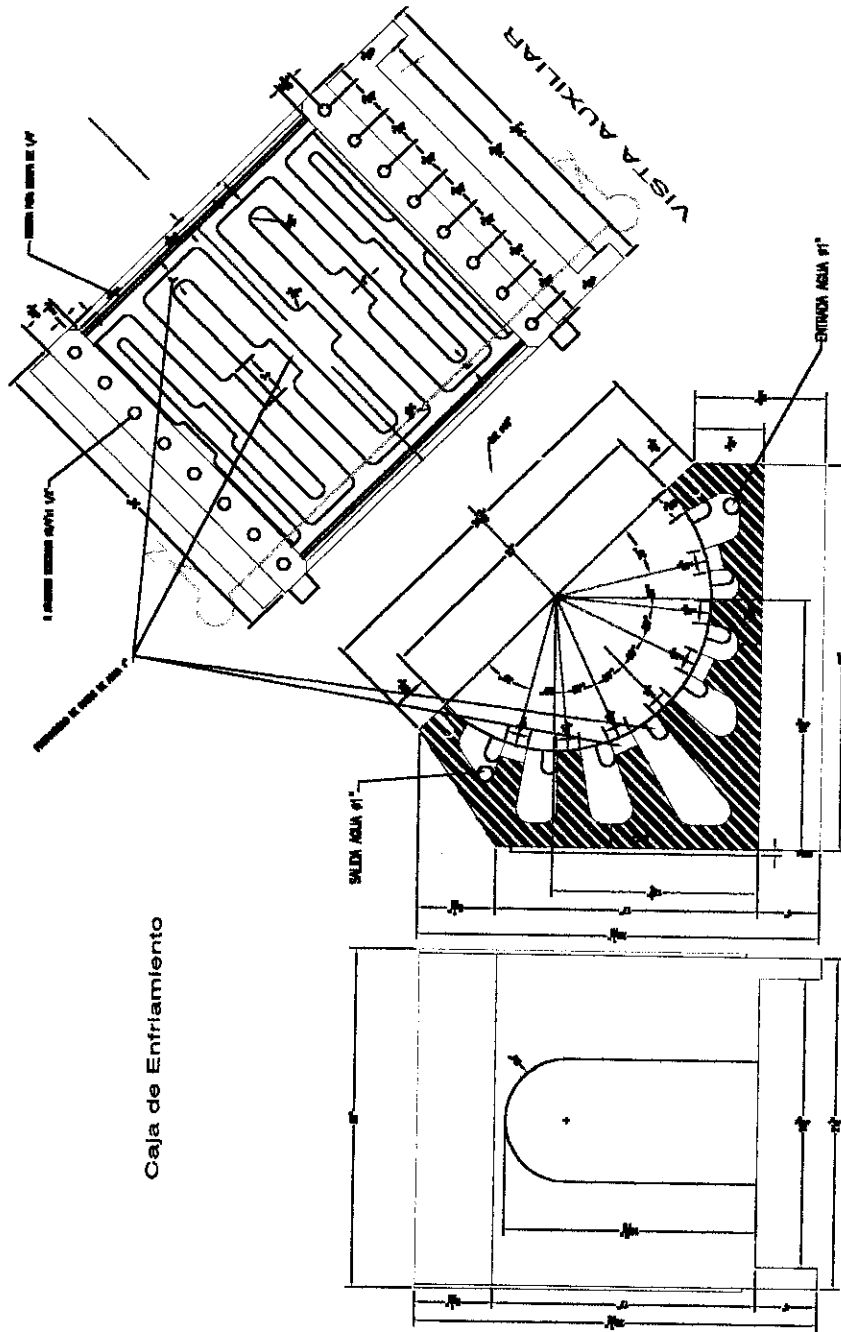
Anexo 4

Diagrama de Tubería de Enfriamiento



ANEXO 5

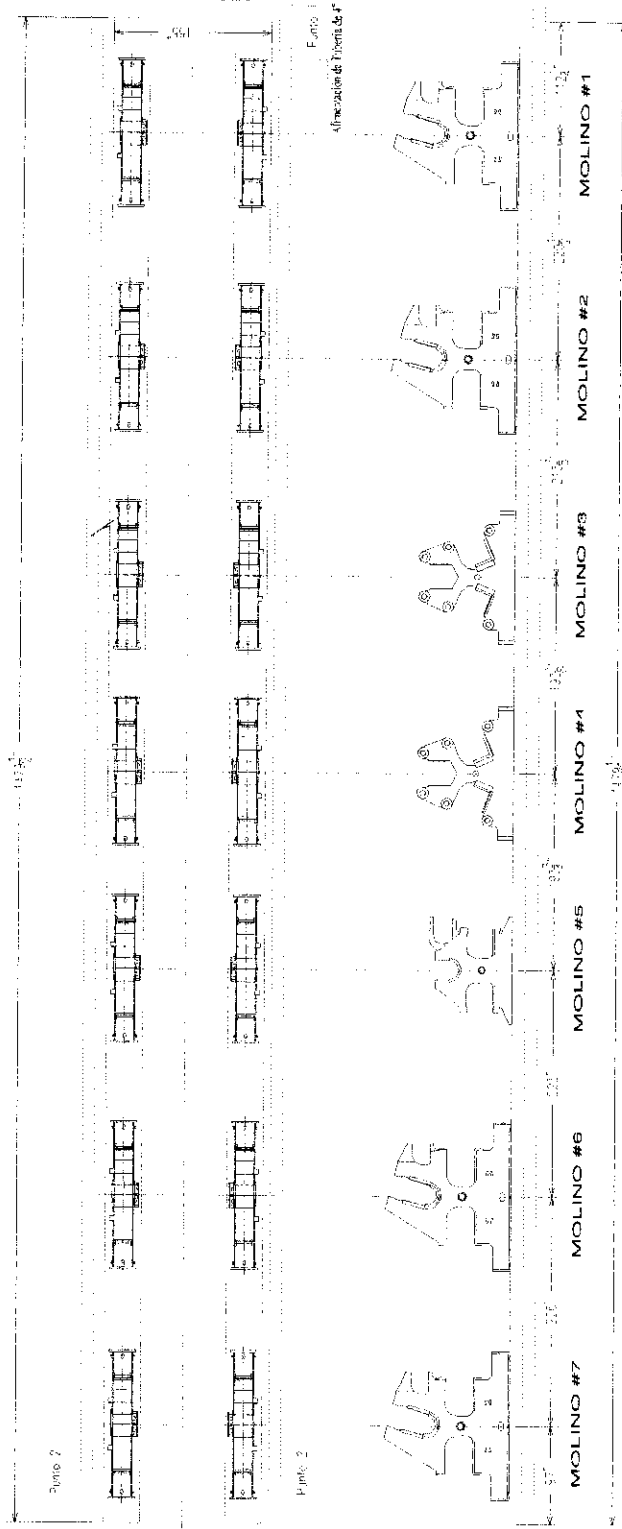
Caja de Enfriamiento



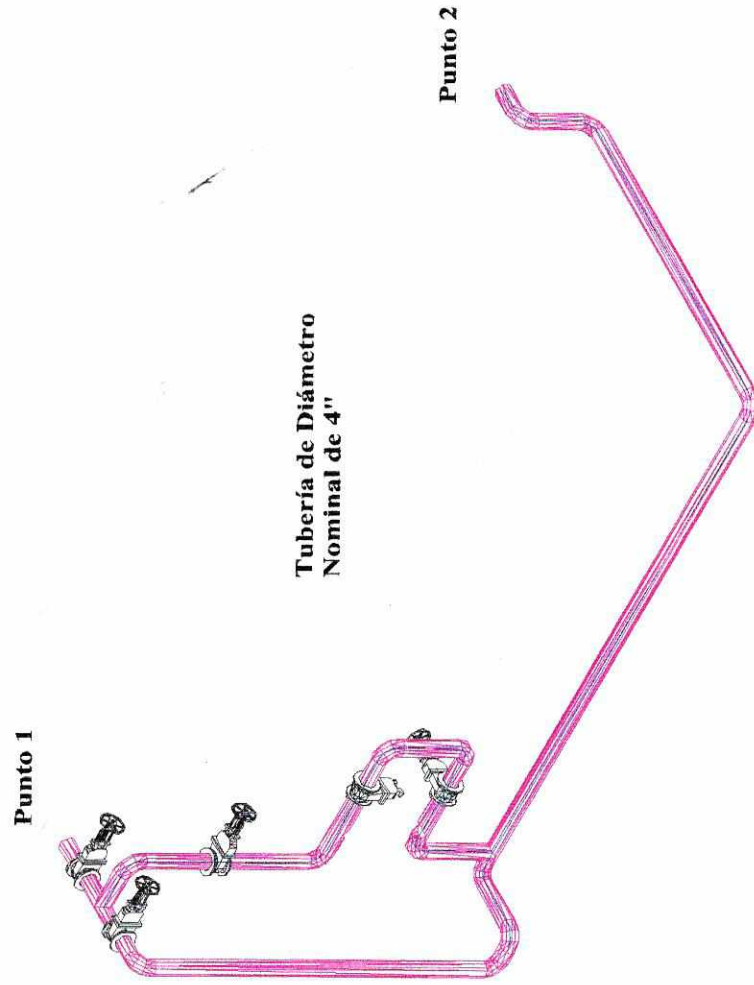
Anexo 6

Distribución Agua en el Tándem de Molinos

VISTA EN PLANTA

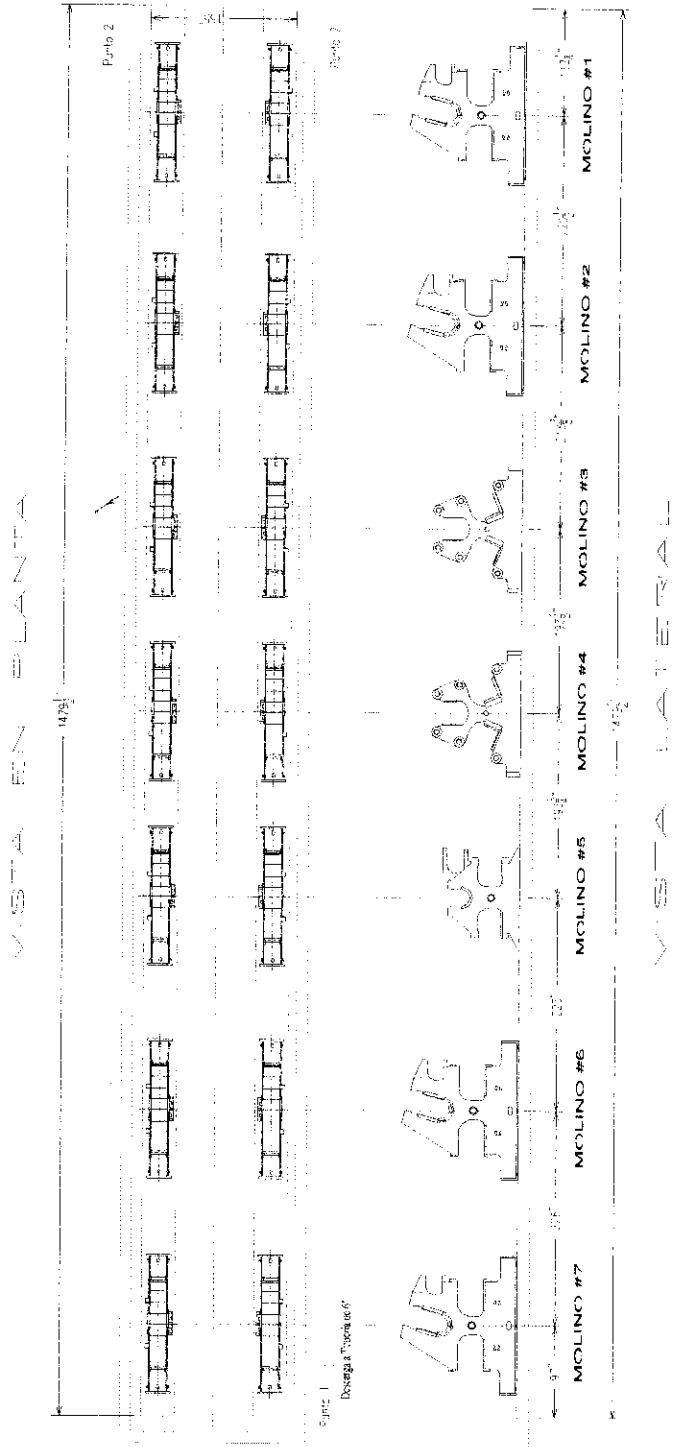


Distribución Agua en el Tándem de Molinos



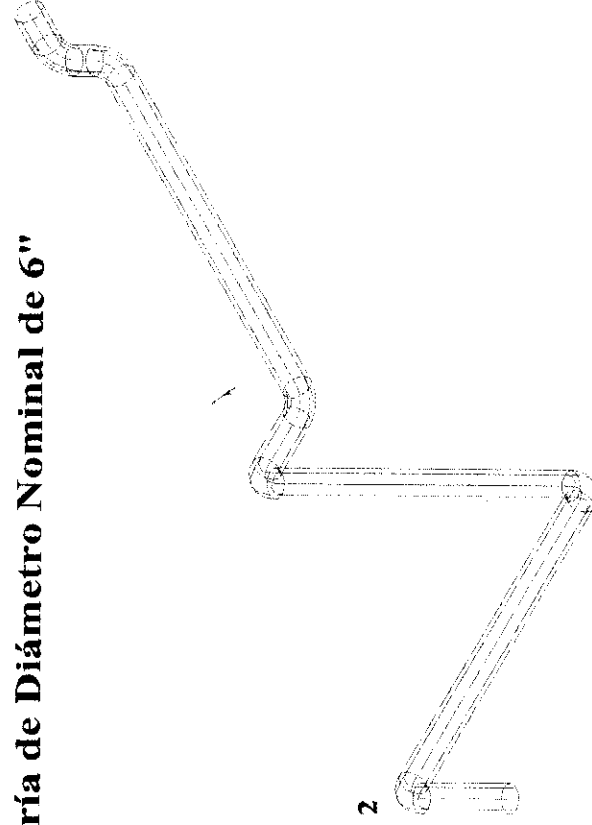
Anexo 7

Escape de Aguas Residuales en el Tándem de Molinos



Escape de Aguas Residuales en el Tándem de Molinos

Punto 1



Tubería de Diámetro Nominal de 6"

Punto 2

APÉNDICE

APÉNDICE A

La Tabla A.1. presenta las dimensiones de Tubos de Acero de Calibre 40 ^a

Tabla A.1.
Dimensiones Tubo de Acero Calibre 40

Tamaño Nominal de la Tubería (pulgadas)	Diámetro Exterior (pulgadas)	Grosor de la Pared (pulgadas)	Diámetro Interior		Área de Flujo (pie ²)
			(pulgadas)	(pies)	
1/2	0.84	0.109	0.622	0.0518	0.00211
3/4	1.05	0.113	0.824	0.0687	0.00370
1	1.32	0.133	1.049	0.0874	0.00600
1 1/4	1.66	0.140	1.380	0.1150	0.01039
1 1/2	1.90	0.145	1.610	0.1342	0.01414
2	2.38	0.154	2.067	0.1723	0.02333
2 1/2	2.88	0.203	2.469	0.2058	0.03326
3	3.50	0.216	3.068	0.2557	0.05132
3 1/2	4.00	0.226	3.548	0.2957	0.06868
4	4.50	0.237	4.026	0.3355	0.08840
5	5.56	0.258	5.047	0.4206	0.13900
6	6.63	0.280	6.065	0.5054	0.200600

^aTomada de la Ref. [1] y [2]

La Tabla A.2. presenta las propiedades termofísicas de agua saturada a diferentes temperaturas ^b

Tabla A.2.
Propiedades Termofísicas del Agua

Temperatura T (K)	Coefficiente de Expansión B (K^{-1})	Volumen Específico v (m^3/kg)	Viscosidad Dinámica μ ($N\ s/m^2$)	Número de Prandtl Pr	Conductividad Térmica k (W/m K)	Calor Específico c_p (kJ/kg K)
295	2.275E-04	0.0010020	9.59E-04	6.620	0.6060	4.1810
296	2.372E-04	0.0010022	9.38E-04	6.462	0.6074	4.1806
297	2.469E-04	0.0010024	9.17E-04	6.304	0.6088	4.1802
298	2.567E-04	0.0010026	8.97E-04	6.146	0.6102	4.1798
299	2.664E-04	0.0010028	8.76E-04	5.988	0.6116	4.1794
300	2.761E-04	0.0010030	8.55E-04	5.830	0.6130	4.1790
301	2.850E-04	0.0010034	8.38E-04	5.704	0.6144	4.1788
302	2.939E-04	0.0010038	8.21E-04	5.578	0.6158	4.1786
303	3.028E-04	0.0010042	8.03E-04	5.452	0.6172	4.1784
304	3.117E-04	0.0010046	7.86E-04	5.326	0.6186	4.1782
305	3.206E-04	0.0010050	7.69E-04	5.200	0.6200	4.1780
306	3.289E-04	0.0010054	7.54E-04	5.084	0.6216	4.1780
307	3.371E-04	0.0010058	7.39E-04	4.968	0.6232	4.1780
308	3.454E-04	0.0010062	7.25E-04	4.852	0.6248	4.1780
309	3.536E-04	0.0010066	7.10E-04	4.736	0.6264	4.1780
310	3.619E-04	0.0010070	6.95E-04	4.620	0.6280	4.1780
311	3.696E-04	0.0010074	6.82E-04	4.528	0.6292	4.1782
312	3.773E-04	0.0010078	6.69E-04	4.436	0.6304	4.1784
313	3.850E-04	0.0010082	6.57E-04	4.344	0.6316	4.1786
314	3.927E-04	0.0010086	6.44E-04	4.252	0.6328	4.1788
315	4.004E-04	0.0010090	6.31E-04	4.160	0.6340	4.1790
316	4.077E-04	0.0010094	6.20E-04	4.082	0.6352	4.1792
317	4.149E-04	0.0010098	6.09E-04	4.004	0.6364	4.1794
318	4.222E-04	0.0010102	5.99E-04	3.926	0.6376	4.1796
319	4.294E-04	0.0010106	5.88E-04	3.848	0.6388	4.1798
320	4.367E-04	0.0010110	5.77E-04	3.770	0.6400	4.1800
321	4.436E-04	0.0010114	5.67E-04	3.700	0.5133	4.1804
322	4.505E-04	0.0010118	5.57E-04	3.630	0.3866	4.1808
323	4.574E-04	0.0010122	5.48E-04	3.560	0.2599	4.1812
324	4.643E-04	0.0010126	5.38E-04	3.490	0.1332	4.1816
325	4.712E-04	0.0010130	5.28E-04	3.420	0.0065	4.1820

^b Tomada de la Ref. [1],[2] y [3]

La Tabla A.3. presenta las propiedades de entalpía del agua y del aire a diferentes temperaturas °

Apéndice A.3.
Entalpía del Agua y del Aire

Temperatura (°F)	Entalpía del agua (BTU/lbm aire)	Entalpía del aire (BTU/lbm aire)
77	40.462	28.61
78	41.509	29.86
79	42.577	31.11
80	43.666	32.36
81	44.778	33.61
82	45.914	34.86
83	47.074	36.11
84	48.261	37.36
85	49.430	38.61
86	50.730	39.86
87	52.030	41.11
88	53.330	42.36
89	54.630	43.61
90	55.930	44.86
91	57.408	46.11
92	58.886	47.36
93	60.364	48.61
94	61.842	49.86
95	63.320	51.11
96	65.002	52.36
97	66.684	53.61
98	68.366	54.86
99	70.048	56.11
100	71.730	57.36
101	73.652	58.61
102	75.574	59.86
103	77.496	61.11
104	79.418	62.36
105	81.340	63.61
106	83.540	64.86
107	85.740	66.11
108	87.940	67.36
109	90.140	68.61
110	92.340	69.86

° Tomadas de la Gráfica 1

APÉNDICE B

SUPOSICIONES

1. Flujo Estable
2. Flujo Incomprensible
3. No hay trabajo, ni de eje ni de corte
4. Flujo completamente desarrollado y uniforme a lo largo de una línea de corriente

B.1. Rapidez de Flujo de Volumen de Agua

Los cálculos como se menciona en el Capítulo II, sección a.1; se realizaron a partir de la ecuación:

$$Q = \frac{Vol}{t}$$

donde Q = Caudal (GPM)

Vol = Volumen (Galones)

t = tiempo (Minutos)

Donde conocemos:

$$Vol = 55 \text{ gal } (dato)_{\text{primario}}$$

$$t = 35.98 \text{ s. } (dato)_{\text{primario}}$$

$$Vol = 5 \text{ gal } (dato)_{\text{secundario}}$$

$$t = 10.21 \text{ s. } (dato)_{\text{secundario}}$$

Entonces,

$$Q = \frac{55 \text{ gal}}{35.68 \text{ seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} + \frac{5 \text{ gal}}{10.21 \text{ seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} * 2 = 150.48354 \text{ GPM}$$

Los cálculos se encuentran resumidos en la Tabla B.1. para el caudal principal y los dos secundarios. Para una mayor aproximación del valor de la rapidez de flujo de volumen de agua, se realizó un promedio aritmético.

$$\bar{Q}_{total} = \frac{\sum_{i=0}^n Q_i}{n_{veces}}$$

Tabla B.1.
Cálculos de Rapidez de Flujo

DATOS					RESULTADOS		
No.	CAUDAL Principal		CAUDAL secundarios (laterales)		Principales [GPM]	Pérdidas (5%) [GPM]	Total [GPM]
	Tiempo (seg)	Volumen (gal)	Tiempo (seg)	Volumen (gal)			
1	35.98	55	10.21	5	150.484	7.5242	158.008
2	36.61	55	9.98	5	150.260	7.5130	157.773
3	36.71	55	10.45	5	147.310	7.3655	154.676
4	37.27	55	9.50	5	151.701	7.5850	159.286
5	36.18	55	9.84	5	152.186	7.6093	159.796
6	35.81	55	10.12	5	151.442	7.5721	159.014
7	36.60	55	9.09	5	156.171	7.8085	163.979
8	37.69	55	9.51	5	150.648	7.5324	158.180
9	36.21	55	9.37	5	155.169	7.7585	162.928
10	36.31	55	9.24	5	155.819	7.7910	163.610
11	35.89	55	9.46	5	155.373	7.7686	163.141
						Promedio	160.035
						[ft³/s]	0.356

B.2. Rapidez de Flujo de Volumen de Agua para cada Chumacera

Los cálculos para determinar la rapidez de flujo de volumen de agua para cada chumacera, se realizan a partir de la ecuación:

$$Q = \frac{Vol}{t}$$

donde Q = Caudal (gal/s)

Vol = Volumen (Galones)

t = tiempo (Segundos)

Al conocer que:

$$Vol = 5 \text{ gal (dato)}$$

$$t = 64.84 \text{ s. (dato)}$$

Entonces,

$$Q = \frac{5 \text{ gal}}{64.84 \text{ seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 4.6267776597 \text{ GPM}$$

Los cálculos se encuentran resumidos en la Tabla B.2. para el caudal de agua que atraviesa cada chumacera. Para una mayor aproximación del valor de la rapidez de flujo de volumen de agua, se realizó un promedio aritmético.

$$\bar{Q}_{total} = \frac{\sum_{i=0}^n Q_i}{n_{veces}}$$

Para una simplificación de los cálculos se supone que el mismo resultado, aplica a las dos chumaceras de una maza. El valor de $No.$ significa el número de mediciones que se realizaron.

Tabla B.2.
Cálculos de Rapidez de Flujo de Agua en cada Chumacera

Molino 1							
No.	Cañera	Tiempo (seg)		Volumen (gal)	Cañera	Caudal [GPM]	
		Bagacera	Superior			Bagacera	Superior
1	64.84	54.04	68.22	5	4.6268	5.5514	4.3975
2	64.21	53.28	68.40	5	4.6722	5.6306	4.3860
3	64.71	53.36	68.11	5	4.6361	5.6222	4.4046
4	64.67	53.15	68.03	5	4.6389	5.6444	4.4098
5	64.87	53.54	68.55	5	4.6246	5.6033	4.3764
6	64.71	53.85	67.93	5	4.6361	5.5710	4.4163
7	64.78	53.75	68.08	5	4.6311	5.5814	4.4066
8	64.24	53.46	69.07	5	4.6700	5.6117	4.3434
9	64.82	53.28	68.66	5	4.6282	5.6306	4.3694
10	64.31	53.60	67.22	5	4.6649	5.5970	4.4630
Promedio					4.6429	5.6044	4.3973

Molino 2							
No.	Cañera	Tiempo (seg)		Volumen (gal)	Cañera	Caudal [GPM]	
		Bagacera	Superior			Bagacera	Superior
1	57.15	65.84	78.35	5	5.2493	4.5565	3.8290
2	57.29	66.02	77.90	5	5.2365	4.5441	3.8511
3	57.75	66.67	77.09	5	5.1948	4.4998	3.8916
4	57.65	66.80	76.35	5	5.2038	4.4910	3.9293
5	56.37	66.42	75.97	5	5.3220	4.5167	3.9489
6	57.32	66.31	76.04	5	5.2338	4.5242	3.9453
7	56.21	66.92	76.38	5	5.3371	4.4830	3.9277
8	57.02	65.99	72.67	5	5.2613	4.5461	4.1283
9	57.92	66.22	78.21	5	5.1796	4.5304	3.8358
10	56.71	66.33	78.02	5	5.2901	4.5228	3.8452
Promedio					5.2508	4.5215	3.9132

Molino 3							
No.	Cañera	Tiempo (seg)		Volumen (gal)	Cañera	Caudal [GPM]	
		Bagacera	Superior			Bagacera	Superior
1	134.76	894.86	125.55	5	2.2262	0.3352	2.3895
2	131.41	884.24	127.98	5	2.2829	0.3393	2.3441
3	131.76	888.21	128.35	5	2.2769	0.3378	2.3374
4	133.41	881.45	126.47	5	2.2487	0.3403	2.3721
5	133.56	889.52	127.34	5	2.2462	0.3373	2.3559
6	132.58	891.78	126.04	5	2.2628	0.3364	2.3802
7	133.22	897.25	127.34	5	2.2519	0.3344	2.3559

Molino 3							
No.	Cañera	Tiempo (seg)		Volumen (gal)	Cañera	Caudal [GPM]	
		Bagacera	Superior			Bagacera	Superior
8	131.85	883.47	126.41	5	2.2753	0.3396	2.3732
9	133.27	892.47	128.01	5	2.2511	0.3361	2.3436
10	133.45	880.12	127.45	5	2.2480	0.3409	2.3539
Promedio					2.2570	0.3377	2.3606

Molino 4							
No.	Cañera	Tiempo (seg)		Volumen (gal)	Cañera	Caudal [GPM]	
		Bagacera	Superior			Bagacera	Superior
1	134.76	894.86	125.55	5	2.2262	0.3352	2.3895
2	131.41	884.24	127.98	5	2.2829	0.3393	2.3441
3	131.76	888.21	128.35	5	2.2769	0.3378	2.3374
4	133.41	881.45	126.47	5	2.2487	0.3403	2.3721
5	133.56	889.52	127.34	5	2.2462	0.3373	2.3559
6	132.58	891.78	126.04	5	2.2628	0.3364	2.3802
7	133.22	897.25	127.34	5	2.2519	0.3344	2.3559
8	131.85	883.47	126.41	5	2.2753	0.3396	2.3732
9	133.27	892.47	128.01	5	2.2511	0.3361	2.3436
10	133.45	880.12	127.45	5	2.2480	0.3409	2.3539
Promedio					2.2570	0.3377	2.3606

Molino 5							
No.	Cañera	Tiempo (seg)		Volumen (gal)	Cañera	Caudal [GPM]	
		Bagacera	Superior			Bagacera	Superior
1	78.10	85.89	52.90	5	3.8412	3.4928	5.6711
2	77.79	86.10	52.78	5	3.8565	3.4843	5.6840
3	77.48	85.19	52.29	5	3.8720	3.5215	5.7372
4	77.76	84.45	53.81	5	3.8580	3.5524	5.5752
5	76.02	85.19	54.73	5	3.9463	3.5215	5.4815
6	78.09	84.79	53.25	5	3.8417	3.5382	5.6338
7	76.22	85.02	52.88	5	3.9360	3.5286	5.6732
8	76.58	85.87	53.87	5	3.9175	3.4937	5.5690
9	77.27	84.99	54.21	5	3.8825	3.5298	5.5340
10	76.95	86.01	53.04	5	3.8986	3.4880	5.6561
Promedio					3.8850	3.5151	5.6215

Molino 6								
No.	Cañera	Tiempo (seg)		Volumen (gal)	Caudal [GPM]		Superior	
		Bagacera	Superior		Cañera	Bagacera		
1	91.05	70.85	57.44	5	3.2949	4.2343	5.2228	
2	92.00	70.00	57.23	5	3.2609	4.2857	5.2420	
3	90.76	71.27	57.41	5	3.3054	4.2093	5.2256	
4	92.78	71.55	57.23	5	3.2335	4.1929	5.2420	
5	92.73	71.87	57.39	5	3.2352	4.1742	5.2274	
6	91.22	70.59	57.66	5	3.2888	4.2499	5.2029	
7	91.48	71.38	57.31	5	3.2794	4.2029	5.2347	
8	92.25	70.96	57.69	5	3.2520	4.2277	5.2002	
9	91.45	71.79	57.74	5	3.2805	4.1789	5.1957	
10	92.15	71.04	57.21	5	3.2556	4.2230	5.2438	
Promedio					3.2686	4.2179	5.2237	

Molino 7								
No.	Cañera	Tiempo (seg)		Volumen (gal)	Caudal [GPM]		Superior	
		Bagacera	Superior		Cañera	Bagacera		
1	74.17	54.00	78.75	5	4.0448	5.5556	3.8095	
2	73.50	54.60	79.41	5	4.0816	5.4945	3.7779	
3	73.82	56.02	78.91	5	4.0639	5.3552	3.8018	
4	74.24	54.60	78.98	5	4.0409	5.4945	3.7984	
5	74.32	55.48	80.11	5	4.0366	5.4074	3.7449	
6	73.98	55.24	79.33	5	4.0552	5.4308	3.7817	
7	74.21	54.75	78.46	5	4.0426	5.4795	3.8236	
8	74.02	55.87	79.87	5	4.0530	5.3696	3.7561	
9	73.81	54.96	79.45	5	4.0645	5.4585	3.7760	
10	74.18	55.67	79.55	5	4.0442	5.3889	3.7712	
Promedio					4.0527	5.4434	3.7841	

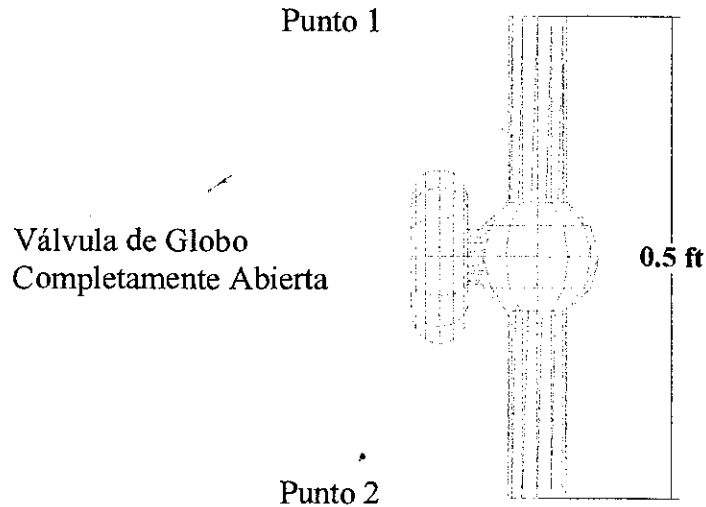
Los valores resultantes en la Tabla 2.2, son valores promedios de cada chumacera (lado corona). Y la conversión de GPM a ft^3/s se realiza de la siguiente manera:

$$\frac{1gal}{min} * \frac{0.133680556 ft^3}{1gal} * \frac{1 min}{60seg} = 0.002228 \frac{ft^3}{seg}$$

B.3. Presión Manométrica antes de la Válvula de Globo en la Tubería de Diámetro Nominal de ½"

Los cálculos se realizan a partir del siguiente dibujo:

Tubería de Diámetro Nominal de ½"



Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2, tenemos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R = \text{Cabeza de Altura de Motor (ft)}$

$h_L = \text{Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)}$

al conocer que,

$$v_1 = v_2 \text{ (por Ecuación de Continuidad)}$$

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas y motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = [\gamma * [(z_2 - z_1) + h_L]]$$

$$P_1 = \Delta P + P_2$$

donde se conoce que,

$$\gamma = 62.23 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Agua a } 77^\circ\text{F)}$$

$$z_2 - z_1 = 0.5 \text{ ft}$$

$$P_2 = 4 \text{ psi. (Capítulo II, sección a.3.)}$$

$$P_2 = \frac{4 \text{ lb}}{\text{pul}^2} * \frac{144 \text{ pul}^2}{1 \text{ ft}^2} = 576 \text{ lb/ft}^2$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = K_{\text{válvula}} * \frac{v^2}{2g} = f_t * \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, $K_{\text{válvula}} = \text{Coeficiente de Resistencia}$

$f_t = \text{Coeficiente de Fricción}$

$L_e/D = \text{Longitud Equivalente}$

las pérdidas debido a la longitud en la tubería se ignoran, pues son despreciables en comparación al paso por la válvula de globo. El valor para el coeficiente de resistencia de la válvula de globo se obtienen a partir de la Tabla 2.3.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de ½" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = Caudal (ft^3/s)

Vol = Volumen (ft^3)

t = Tiempo (seg)

v = Velocidad (ft/s)

A = Área Transversal (ft^2)

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas debido a la válvula de globo se encuentran en la Tabla B.3.

Los valores resultantes de la presión inicial se encuentra en la Tabla 2.4. Para una mayor aproximación del valor de la presión inicial del agua, se realizó un promedio aritmético.

$$\bar{P}_{inicial} = \frac{\sum_{i=0}^n P_i}{n_{veces}}$$

Al igual que en los cálculos anteriores se supuso que el valor es igual en los dos extremos de cada maza del molino.

Tabla B.3.
Pérdida en la Tubería de Diámetro Nominal de 1/2"

Molino	Maza	Componente	Diámetro Nominal	Diámetro Interno (ft)	Área (ft ²)	Caudal (ft ³ /s)	Cambio Altura (ft)	Peso Específico (lb/ft ³)	Velocidad (ft/s)	Longitud Equivalente	Factor de Fricción	Gravedad (ft/s ²)	Pé
	Cañera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.010340	0.5	62.23	4.9007	340	0.027	32.2	3.4
1	Bagacera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.012482	0.5	62.23	5.9156	340	0.027	32.2	4.1
	Superior	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.009794	0.5	62.23	4.6415	340	0.027	32.2	3.1
	Cañera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.011695	0.5	62.23	5.5424	340	0.027	32.2	4.4
2	Bagacera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.010070	0.5	62.23	4.7725	340	0.027	32.2	3.7
	Superior	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.008715	0.5	62.23	4.1305	340	0.027	32.2	2.4
	Cañera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.005027	0.5	62.23	2.3823	340	0.027	32.2	0.1
3	Bagacera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.000752	0.5	62.23	0.3565	340	0.027	32.2	0.1
	Superior	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.005257	0.5	62.23	2.4917	340	0.027	32.2	0.1
	Cañera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.005027	0.5	62.23	2.3823	340	0.027	32.2	0.1
4	Bagacera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.000752	0.5	62.23	0.3565	340	0.027	32.2	0.1
	Superior	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.005257	0.5	62.23	2.4917	340	0.027	32.2	0.1
	Cañera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.008653	0.5	62.23	4.1008	340	0.027	32.2	2.5
5	Bagacera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.007829	0.5	62.23	3.7103	340	0.027	32.2	1.5
	Superior	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.012520	0.5	62.23	5.9337	340	0.027	32.2	5.1
	Cañera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.007280	0.5	62.23	3.4501	340	0.027	32.2	1.1
6	Bagacera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.009394	0.5	62.23	4.4521	340	0.027	32.2	2.1
	Superior	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.011634	0.5	62.23	5.5138	340	0.027	32.2	4.4
	Cañera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.009026	0.5	62.23	4.2778	340	0.027	32.2	2.1
7	Bagacera	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.012123	0.5	62.23	5.7457	340	0.027	32.2	4.4
	Superior	Tubería Acero Calibre 40	1/2"	0.0518	0.00211	0.008428	0.5	62.23	3.9942	340	0.027	32.2	2.4

B.4. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2 del lado espiga del molino, del Anexo 6 tenemos:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

se sabe que,

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas y motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \left[\gamma * \left[\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1) + h_L \right] \right]$$

$$P_1 = \Delta P + P_2$$

donde se conoce que,

$$\gamma = 62.23 \text{ lb/ft}^3. \text{ (Agua a } 77 \text{ }^\circ\text{F)}$$

$$z_2 - z_1 = \Sigma(\text{Longitud de tubería}) * (\text{sen } \theta)$$

$$P_2 = 763.5118 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Tabla 2.4.)}$$

$$\theta = 1.5^\circ \text{ (Inclinación de la Tubería)}$$

El cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} + h_{L\text{entrada}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{in} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, K_{in} = *Coficiente de Resistencia (Entrada)*

f = *Coficiente de Fricción*

L = *Longitud de la Tubería (ft)*

D = *Diámetro Interno de la Tubería (ft)*

las pérdidas debido a la longitud en la tubería se dividen en 22 segmentos y debido a entrada por contracción en 21, que son el número de chumaceras que se encuentran en un extremo. La mención anterior se encuentra representada en el Anexo 6. Los valores de la tubería se obtuvieron de la Tabla A.1. y para el coeficiente de resistencia por contracción de la Tabla 2.3. En el caso del Lado Corona se utilizó la misma ecuación de energía, pero se

incluye la pérdida debido a los dos codos de 90° , sumando $h_{L\text{codos}} = f_i * \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g}$.

donde, f_i = *Coficiente de Fricción*

L_e/D = *Longitud Equivalente*

Para determinar la velocidad, se utilizó la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 3" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{\text{Vol}}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = Caudal (ft^3/s)
 Vol = Volumen (ft^3)
 t = Tiempo (seg)
 v = Velocidad (ft/s)
 A = Área Transversal (ft^2)

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utilizó la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde ρ = Densidad (kg/ft^3)

μ = Viscosidad Dinámica ($lb\ s/ft^2$)

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$Rugosidad\ Relativa = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde ε = Rugosidad del Material

Si el flujo es turbulento o laminar, el cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 3", se realizó a partir del factor de fricción explícito con las siguientes fórmulas:

a) Laminar (Ecuación de Darcy)

$$f = \frac{64}{N_R}$$

b) Turbulento

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Además se toma en cuenta la descarga que provoca el caudal de agua en cada chumacera, al disminuir el valor del caudal principal.

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdida en la tubería de diámetro nominal de 3" se encuentran en la Tabla B.4.a. para el Lado Espiga y Tabla B.4.b. para el Lado Corona.

Los valores resultantes de las cabezas de energía se presentan en la Tabla 2.5 y el valor de la presión inicial se encuentra en la Tabla 2.6.

Tabla B.4.a.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 3" (Lado Espiga)

Molino	Maza	Caudal Principal (ft ³ /s)	Caudal Auxiliar (ft ³ /s)	Caudal Final (ft ³ /s)	Velocidad Principal (ft/s)	Velocidad Auxiliar (ft/s)	Velocidad Final (ft/s)	Coefficiente de Fricción de Entrada	Longitud (m)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)
		0.35643	0.17821	0.17821	3.47259	3.47259	3.47259	0.78	15.25	1.27	0.2557	32.2
	Superior	0.17821	0.00979	0.16842	3.47259	4.64148	3.28175	0.78	22.50	1.88	0.2557	32.2
1	Cañera	0.16842	0.01034	0.15808	3.28175	4.90071	3.08026	0.78	89.50	7.46	0.2557	32.2
	Bagacera	0.15808	0.01248	0.14560	3.08026	5.91559	2.83705	0.78	108.00	9.00	0.2557	32.2
	Superior	0.14560	0.00872	0.13688	2.83705	4.13052	2.66722	0.78	7.50	0.63	0.2557	32.2
2	Cañera	0.13688	0.01169	0.12519	2.66722	5.54242	2.43935	0.78	98.50	8.21	0.2557	32.2
	Bagacera	0.12519	0.01007	0.11512	2.43935	4.77254	2.24313	0.78	106.50	8.88	0.2557	32.2
	Cañera	0.11512	0.00503	0.11009	2.24313	2.38233	2.14518	0.78	7.50	0.63	0.2557	32.2
3	Superior	0.11009	0.00526	0.10483	2.14518	2.49166	2.04273	0.78	60.50	5.04	0.2557	32.2
	Bagacera	0.10483	0.00075	0.10408	2.04273	0.35648	2.02808	0.78	123.50	10.29	0.2557	32.2
	Cañera	0.10408	0.00503	0.09905	2.02808	2.38233	1.93013	0.78	5.50	0.46	0.2557	32.2
4	Superior	0.09905	0.00526	0.09380	1.93013	2.49166	1.82769	0.78	68.50	5.71	0.2557	32.2
	Bagacera	0.09380	0.00075	0.09304	1.82769	0.35648	1.81303	0.78	124.00	10.33	0.2557	32.2
	Cañera	0.09304	0.00865	0.08439	1.81303	4.10078	1.64443	0.78	7.00	0.58	0.2557	32.2
5	Superior	0.08439	0.01252	0.07187	1.64443	5.93367	1.40047	0.78	97.50	8.13	0.2557	32.2
	Bagacera	0.07187	0.00783	0.06404	1.40047	3.71028	1.24792	0.78	108.00	9.00	0.2557	32.2
	Superior	0.06404	0.01163	0.05241	1.24792	5.51380	1.02122	0.78	10.50	0.88	0.2557	32.2
6	Cañera	0.05241	0.00728	0.04513	1.02122	3.45012	0.87937	0.78	105.50	8.79	0.2557	32.2
	Bagacera	0.04513	0.00939	0.03574	0.87937	4.45210	0.69633	0.78	108.50	9.04	0.2557	32.2
	Superior	0.03574	0.00843	0.02731	0.69633	3.99424	0.53211	0.78	45.50	3.79	0.2557	32.2
7	Cañera	0.02731	0.00903	0.01828	0.53211	4.27778	0.35623	0.78	43.50	3.63	0.2557	32.2
	Bagacera	0.01828	0.01212	0.00616	0.35623	5.74573	0.11999	0.78	5.00	0.42	0.2557	32.2
									Total	1368.25	114.02	

**Tabla B.4.b.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 3" (Lado Corona)**

Molino	Maza	Caudal Principal (ft ³ /s)	Caudal Auxiliar (ft ³ /s)	Caudal Final (ft ³ /s)	Velocidad Principal (ft/s)	Velocidad Auxiliar (ft/s)	Velocidad Final (ft/s)	Longitud Equivalente (Codo 90°)	Coefficiente de Fricción (3")	Coefficiente de Fricción de Entrada	Longitud (in)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)
		0.35643	0.17821	0.17821	3.47259	3.47259	3.47259	20	0.018	0.78	223.00	18.58	0.2557	32.2
	Superior	0.17821	0.00979	0.16842	3.47259	4.64148	3.28175	20	0.018	0.78	6.50	0.54	0.2557	32.2
1	Cañera	0.16842	0.01034	0.15808	3.28175	4.90071	3.08026	20	0.018	0.78	116.00	9.67	0.2557	32.2
	Bagacera	0.15808	0.01248	0.14560	3.08026	5.91559	2.83705	20	0.018	0.78	99.00	8.25	0.2557	32.2
	Superior	0.14560	0.00872	0.13688	2.83705	4.13052	2.66722	20	0.018	0.78	7.50	0.63	0.2557	32.2
2	Cañera	0.13688	0.01169	0.12519	2.66722	5.54242	2.43935	20	0.018	0.78	102.50	8.54	0.2557	32.2
	Bagacera	0.12519	0.01007	0.11512	2.43935	4.77254	2.24313	20	0.018	0.78	88.75	7.40	0.2557	32.2
	Cañera	0.11512	0.00503	0.11009	2.24313	2.38233	2.14518	20	0.018	0.78	7.75	0.65	0.2557	32.2
3	Superior	0.11009	0.00526	0.10483	2.14518	2.49166	2.04273	20	0.018	0.78	103.50	8.63	0.2557	32.2
	Bagacera	0.10483	0.00075	0.10408	2.04273	0.35648	2.02808	20	0.018	0.78	79.50	6.63	0.2557	32.2
	Cañera	0.10408	0.00503	0.09905	2.02808	2.38233	1.93013	20	0.018	0.78	7.50	0.63	0.2557	32.2
4	Superior	0.09905	0.00526	0.09380	1.93013	2.49166	1.82769	20	0.018	0.78	83.75	6.98	0.2557	32.2
	Bagacera	0.09380	0.00075	0.09304	1.82769	0.35648	1.81303	20	0.018	0.78	7.25	0.60	0.2557	32.2
	Cañera	0.09304	0.00865	0.08439	1.81303	4.10078	1.64443	20	0.018	0.78	101.50	8.46	0.2557	32.2
5	Superior	0.08439	0.01252	0.07187	1.64443	5.93367	1.40047	20	0.018	0.78	83.75	6.98	0.2557	32.2
	Bagacera	0.07187	0.00783	0.06404	1.40047	3.71028	1.24792	20	0.018	0.78	115.50	9.63	0.2557	32.2
	Superior	0.06404	0.01163	0.05241	1.24792	5.51380	1.02122	20	0.018	0.78	7.25	0.60	0.2557	32.2
6	Cañera	0.05241	0.00728	0.04513	1.02122	3.45012	0.87937	20	0.018	0.78	102.50	8.54	0.2557	32.2
	Bagacera	0.04513	0.00939	0.03574	0.87937	4.45210	0.69633	20	0.018	0.78	106.50	8.88	0.2557	32.2
	Superior	0.03574	0.00843	0.02731	0.69633	3.99424	0.53211	20	0.018	0.78	10.00	0.83	0.2557	32.2
7	Cañera	0.02731	0.00903	0.01828	0.53211	4.27778	0.35623	20	0.018	0.78	100.25	8.35	0.2557	32.2
	Bagacera	0.01828	0.01212	0.00616	0.35623	5.74573	0.11999	20	0.018	0.78	5.50	0.46	0.2557	32.2
Total											1584	132		

Continuación... Tabla B.4.b.

Molino	Maza	Peso Específico (lb/ft ³)	Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Codos 90° (ft)	Pérdida por Contracción (ft)	Pérdidas Totales (ft)
		62.23	1.933	0.00001851	0.00015	92727.6362	1704.6667	0.02097	0.28543	0.06741	0	0.3528
	Superior	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	87631.8781	1704.6667	0.02112	0.00748	0.06741	0.2609	0.3358
1	Cañera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	82251.5265	1704.6667	0.02130	0.11863	0	0.2909	0.4095
	Bagacera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	75756.9633	1704.6667	0.02154	0.08684	0	0.4238	0.5107
	Superior	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	71222.1837	1704.6667	0.02172	0.00586	0	0.2066	0.2125
2	Cañera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	65137.3153	1704.6667	0.02200	0.06790	0	0.3721	0.4400
	Bagacera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	59897.6715	1704.6667	0.02227	0.05033	0	0.2759	0.3262
	Cañera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	57282.1737	1704.6667	0.02243	0.00405	0	0.0687	0.0728
3	Superior	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	54546.6505	1704.6667	0.02260	0.04938	0	0.0752	0.1246
	Bagacera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	54155.2841	1704.6667	0.02262	0.03743	0	0.0015	0.0390
	Cañera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	51539.7862	1704.6667	0.02280	0.00322	0	0.0687	0.0720
4	Superior	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	48804.2631	1704.6667	0.02300	0.03946	0	0.0752	0.1147
	Bagacera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	48412.8966	1704.6667	0.02303	0.03208	0	0.0015	0.0336
	Cañera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	43910.7622	1704.6667	0.02341	0.00232	0	0.2037	0.2060
5	Superior	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	37396.3430	1704.6667	0.02407	0.02449	0	0.4264	0.4509
	Bagacera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	33322.9283	1704.6667	0.02458	0.02237	0	0.1667	0.1891
	Superior	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	27269.4805	1704.6667	0.02554	0.00098	0	0.3682	0.3692
6	Cañera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	23481.6905	1704.6667	0.02631	0.01055	0	0.1442	0.1547
	Bagacera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	18593.8521	1704.6667	0.02765	0.00722	0	0.2401	0.2473
	Superior	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	14208.6866	1704.6667	0.02937	0.00042	0	0.1932	0.1937
7	Cañera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	9512.2268	1704.6667	0.03239	0.00209	0	0.2216	0.2237
	Bagacera	62.23	1.933	0.00001851	0.00015	3204.1468	1704.6667	0.01997	0.00001	0	0.3999	0.3999
Total												5.47860

B.5. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2, representado en el Anexo 6 tenemos:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

si se conoce que,

$$v_1 = v_2 \text{ (por Ecuación de Continuidad)}$$

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas y motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = [\gamma * [(z_1 - z_2) - h_L]]$$

$$P_2 = \Delta P + P_1$$

donde se conoce que,

$$\gamma = 62.23 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Agua a } 77^\circ \text{F)}$$

$$z_1 - z_2 = -7.0417 \text{ ft (Negativa por los puntos de Referencia)}$$

$$P_1 = 880.0574 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Promedio de resultados de Tabla 2.6.)}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} + h_{L\text{codos}} + h_{L\text{válvulas}} + h_{L\text{filtro}} + h_{L\text{solido}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + f_{i(\text{codos})} \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g} + f_{i(\text{válvulas})} \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g} + f_{i(\text{filtro})} \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{out} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, K_{out} = *Coficiente de Resistencia (Salida)*

f = *Coficiente de Fricción*

L = *Longitud de la Tubería (ft)*

D = *Diámetro Interno de la Tubería (ft)*

f_i = *Coficiente de Fricción*

L_e/D = *Longitud Equivalente*

El número de codos, válvulas de compuerta y filtros; asimismo, las longitudes de la tubería se encuentran representadas en el Anexo 6. Los valores de la tubería se obtienen de la Tabla A.1. y para el coeficiente de resistencia de los componentes de la Tabla 2.3.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, y se utiliza los valores para tubería nominal de 4" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = *Caudal (ft³/s)*

Vol = *Volumen (ft³)*

t = *Tiempo (seg)*

v = *Velocidad (ft/s)*

A = *Área Transversal (ft²)*

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utilizó la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde $\rho = \text{Densidad (kg/ft}^3\text{)}$

$\mu = \text{Viscosidad Dinámica (lb s/ft}^2\text{)}$

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde $\varepsilon = \text{Rugosidad del Material}$

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 4", se realiza a partir del factor de fricción explícito para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas en la tubería de diámetro nominal de 4" se encuentran en la Tabla B.5. y los valores resultantes de las cabezas de energía y de presión inicial se encuentra en el capítulo 2.2.a.7. (Para el análisis se tomó como inicio el punto 2 y como final el punto 1.)

Tabla B.5.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"

Caudal (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Longitud Equivalente (Válvulas)	Longitud Equivalente (Codos)	Coefficiente de Fricción (4")	Coefficiente de Fricción (Filtro)	Coefficiente de Fricción (Salida)	Longitud (in)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)	Peso Específico (lb/ft ³)
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	12.00	1.00	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	22.00	1.83	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	100.00	8.33	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	167.00	13.92	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	26.00	2.08	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	6.00	0.50	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	27.50	2.29	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	25.50	2.13	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	12.00	1.00	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	11.00	0.92	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	26.50	2.21	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	21.00	1.75	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	16.00	1.33	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	6.00	0.50	0.3355	32.2	62.23
0.35643	0.0884	4.03197	8	30	0.017	6.5	1.0	5.00	0.42	0.3355	32.2	62.23
Total									482.50	40.21		

Continuación... Tabla B.5.

Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Codos (ft)	Pérdida por Válvulas (ft)	Pérdida por Filtro (ft)	Pérdida por Salida (ft)	Pérdidas Totales (ft)
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.01455	0.12874	0.03433	1.64083	0.25243	2.07088
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.02668	0.12874	0.03433	0	0	0.18975
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.12126	0.12874	0.03433	0	0	0.28433
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.20250	0.12874	0	0	0	0.33124
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.03031	0.12874	0	0	0	0.15906
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.00728	0.12874	0	0	0	0.13602
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.03335	0.12874	0	0	0	0.16209
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.03092	0.12874	0	0	0	0.15966
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.01455	0	0	0	0	0.01455
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.01334	0	0	0	0	0.01334
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.03213	0	0	0	0	0.03213
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.02546	0	0	0	0	0.02546
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.01940	0	0	0	0	0.01940
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.01934	0.00728	0	0	0	0	0.00728
1.933	0.00001851	0.00015	141265.26	2236.6667	0.02553	0.00800	0	0	0	0	0.00800
Total											3.61320

B.6. Rapidez de Flujo de Volumen de Agua en cada Molino

Los cálculos para determinar la rapidez de flujo de volumen de agua para cada molino, se realizan a partir de los valores de la Tabla 2.2.

Se utilizan las siguientes ecuaciones para los caudales parciales y totales de los siete molinos:

$$Caudal_{parcial} = Caudal_{superior} + Caudal_{cañera} + Caudal_{bagacera}$$

$$Caudal_{total} = 2 * Caudal_{parcial}$$

El cálculo se presenta en la Tabla B.6. y los resultados en la Tabla 2.7.

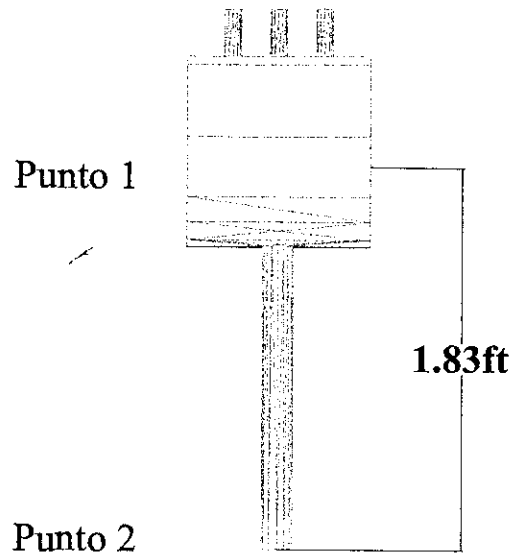
Tabla B.6.
Rapidez de Flujo de Volumen de Agua en cada Molino

Molino	Maza	Suma de Caudales		
		Caudal Parcial (ft ³ /s)	Parciales (ft ³ /s)	Caudal Total (ft ³ /s)
1	Cañera	0.010340	0.032616	0.065232
	Bagacera	0.012482		
	Superior	0.009794		
2	Cañera	0.011695	0.030480	0.060960
	Bagacera	0.010070		
	Superior	0.008715		
3	Cañera	0.005027	0.011036	0.022073
	Bagacera	0.000752		
	Superior	0.005257		
4	Cañera	0.005027	0.011036	0.022073
	Bagacera	0.000752		
	Superior	0.005257		
5	Cañera	0.008653	0.029001	0.058003
	Bagacera	0.007829		
	Superior	0.012520		
6	Cañera	0.007280	0.028308	0.056616
	Bagacera	0.009394		
	Superior	0.011634		
7	Cañera	0.009026	0.029577	0.059155
	Bagacera	0.012123		
	Superior	0.008428		

B.7. Presión Manométrica después de los Tanques de Desagüe de cada Molino

Los cálculos se realizan a partir del siguiente dibujo:

Tubería de Diámetro Nominal de 1 ½"



Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2, tenemos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, p_1 = Presión Inicial (lb/ft²)

p_2 = Presión Final (lb/ft²)

γ = Peso Específico (lb/ft³)

z_1 = Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

z_2 = Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

v_1 = Velocidad Inicial (ft/s)

v_2 = Velocidad Final (ft/s)

g = Gravedad (ft/s²)

h_A = Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R = \text{Cabeza de Altura de Motor (ft)}$

$h_L = \text{Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)}$

al conocer que,

$v_1 = 0$ (Velocidad aproximadamente 0, por estar estancada)

$P_1 = 0$ (Presión Atmosférica)

$h_A = h_R = 0$ (no hay mecanismo de bombas o motores)

de esta manera, al resolver para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$P_2 = \left[\gamma * \left[(z_1 - z_2) - \frac{v_2^2}{2g} - h_L \right] \right]$$

donde conocemos que,

$\gamma = 62.2 \text{ lb/ft}^3$ (Agua a 80 °F) [Aproximación Cap.II Sección 3]

$z_1 - z_2 = 1.833 \text{ ft}$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} + h_{L\text{entrada}} + h_{L\text{salida}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{in} * \frac{v^2}{2g} + K_{out} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, $K_{out} = \text{Coeficiente de Resistencia (Salida)}$

$K_{in} = \text{Coeficiente de Resistencia (Entrada)}$

$f = \text{Coeficiente de Fricción}$

$L = \text{Longitud de la Tubería (ft)}$

$D = \text{Diámetro Interno de la Tubería (ft)}$

Los valores para los coeficientes de resistencia de la entrada y la salida se obtienen a partir de la Tabla 2.8.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 1 ½" de la Tabla A.1 y el caudal parcial de la Tabla 2.7.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = Caudal (ft³/s)

Vol = Volumen (ft³)

t = Tiempo (seg)

v = Velocidad (ft/s)

A = Área Transversal (ft²)

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utiliza la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde ρ = Densidad (kg/ft³)

μ = Viscosidad Dinámica (lb s/ft²)

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$Rugosidad\ Relativa = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde ε = Rugosidad del Material

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 1 ½", se realiza a partir del factor de fricción explícito, para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas en la tubería de diámetro nominal de 1 1/2" se encuentran en la Tabla B.7. y los valores resultantes de las cabezas de energía se presentan en la Tabla 2.9.

Los valores resultantes de la presión se encuentran en la Tabla 2.10. Para una mayor aproximación del valor de la presión inicial del agua, se realiza un promedio aritmético.

$$\bar{P}_{inicial} = \frac{\sum_{i=0}^n P_i}{n_{veces}}$$

Tabla B.7.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 1 1/2"

Molino	Caudal (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Coeficiente de Fricción		Longitud (m)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)	Peso Específico (lb/ft ³)
				Fricción (Entrada)	(Salida)					
1	0.0326	0.01414	2.30664	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.2
2	0.0305	0.01414	2.15558	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.2
3	0.0110	0.01414	0.78050	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.2
4	0.0110	0.01414	0.78050	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.2
5	0.0290	0.01414	2.05102	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.2
6	0.0283	0.01414	2.00197	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.2
7	0.0296	0.01414	2.09176	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.2

Continuación... Tabla B.7.

Molino	Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coeficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Entrada (ft)	Pérdida por Salida (ft)	Pérdidas Totales (ft)
1	1.93	1.77E-05	0.00015	3.38E+04	894.6667	0.02592	0.02460	0.06444	0.08262	0.17166
2	1.93	1.77E-05	0.00015	3.15E+04	894.6667	0.02620	0.02172	0.05628	0.07215	0.15015
3	1.93	1.77E-05	0.00015	1.14E+04	894.6667	0.03187	0.00346	0.00738	0.00946	0.02030
4	1.93	1.77E-05	0.00015	1.14E+04	894.6667	0.03187	0.00346	0.00738	0.00946	0.02030
5	1.93	1.77E-05	0.00015	3.00E+04	894.6667	0.02641	0.01982	0.05095	0.06532	0.13609
6	1.93	1.77E-05	0.00015	2.93E+04	894.6667	0.02652	0.01896	0.04854	0.06223	0.12973
7	1.93	1.77E-05	0.00015	3.06E+04	894.6667	0.02633	0.02055	0.05299	0.06794	0.14149

B.8. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2 del lado espiga del tándem, del Anexo 7 tenemos:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

al conocer que,

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas o motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \left[\gamma * \left[\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1) + h_L \right] \right]$$

$$P_1 = \Delta P + P_2$$

donde se conoce que,

$$\gamma = 62.2 \text{ lb/ft}^3. \text{ (Agua a } 80^\circ \text{F) [Aproximación Cap.II Sección 3]}$$

$$z_2 - z_1 = \Sigma(\text{Longitud de tubería}) * (\text{sen } \theta)$$

$$P_2 = 103.73236 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Tabla 2.12.)}$$

$$\theta = 1.5^\circ \text{ (Inclinación de la Tubería)}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} + h_{L\text{salida}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{out} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, K_{out} = *Coficiente de Resistencia (Salida)*

f = *Coficiente de Fricción*

L = *Longitud de la Tubería (ft)*

D = *Diámetro Interno de la Tubería (ft)*

las pérdidas debido a la longitud en la tubería se dividen en 8 segmentos y debido a salida de descarga en 7, que son el número de molino que se encuentran en un extremo. La mención anterior se encuentra representada en el Anexo 7. Los valores de la tubería se obtuvieron de la Tabla A.1. y para el coeficiente de resistencia por contracción de la Tabla 2.8. En el caso del Lado Corona se utilizó la misma ecuación de energía, pero se incluye la pérdida debido a los dos codos de 90° , sumando $h_{L\text{codos}} = f_i * \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g}$.

donde, f_i = *Coficiente de Fricción*

L_e/D = *Longitud Equivalente*

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, utilizando los valores para tubería nominal de 4" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = *Caudal (ft³/s)*

Vol = *Volumen (ft³)*

t = *Tiempo (seg)*

v = *Velocidad (ft/s)*

A = *Área Transversal (ft²)*

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utiliza la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde ρ = Densidad (kg/ft^3)

μ = Viscosidad Dinámica ($lb\ s/ft^2$)

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$Rugosidad\ Relativa = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde ε = Rugosidad del Material

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 4", se realiza a partir del factor de fricción explícito para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Además se toma en cuenta la descarga que provoca el caudal de agua en cada molino, aumentando el valor del caudal principal. Y los desagües secundarios se descartan, con el propósito de un mejor análisis de diseño.

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdida en la tubería de diámetro nominal de 4" se encuentran en la Tabla B.8.a. para el Lado Espiga y Tabla B.8.b. para el Lado Corona.

Los valores resultantes de las cabezas de energía se presentan en la Tabla 2.11 y el valor de la presión inicial se encuentra en la Tabla 2.12.

Tabla B.8.a.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 4" (Lado Espiga)

Molino	Caudal de cada Molino (ft ³ /s)	Sumatoria de Caudales (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Coefficiente de Fricción (Salida)	Longitud (in)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)
0	0	0	0.0884	0	1.0	139.75	11.646	0.3355	32.2
1	0.0326159	0.0326159	0.0884	0.368958	1.0	217.50	18.125	0.3355	32.2
2	0.0304800	0.0630959	0.0884	0.713754	1.0	88.00	7.333	0.3355	32.2
3	0.0110363	0.0741322	0.0884	0.838599	1.0	192.50	16.042	0.3355	32.2
4	0.0110363	0.0851684	0.0884	0.963444	1.0	286.50	23.875	0.3355	32.2
5	0.0290014	0.1141698	0.0884	1.291514	1.0	298.25	24.854	0.3355	32.2
6	0.0283078	0.1424776	0.0884	1.611738	1.0	214.50	17.875	0.3355	32.2
7	0.0295775	0.1720551	0.0884	1.946324	1.0	22.75	1.896	0.3355	32.2
						Total	1459.75	121.646	

Continuación... Tabla B.8.a.

Molino	Peso Específico (lb/ft ³)	Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Salida (ft)	Pérdidas Totales (ft)
0	62.2	1.93	1.77E-05	0.00015	0	2236.667	0	0	0	0
1	62.2	1.93	1.77E-05	0.00015	13497.52	2236.667	0.02946	0.00336	0.00211	0.00548
2	62.2	1.93	1.77E-05	0.00015	26111.10	2236.667	0.02540	0.00439	0.00791	0.01230
3	62.2	1.93	1.77E-05	0.00015	30678.27	2236.667	0.02458	0.01283	0.01092	0.02375
4	62.2	1.93	1.77E-05	0.00015	35245.44	2236.667	0.02392	0.02453	0.01441	0.03895
5	62.2	1.93	1.77E-05	0.00015	47247.15	2236.667	0.02266	0.04349	0.02590	0.06939
6	62.2	1.93	1.77E-05	0.00015	58961.83	2236.667	0.02183	0.04691	0.04034	0.08725
7	62.2	1.93	1.77E-05	0.00015	71201.93	2236.667	0.02119	0.00704	0.05882	0.06587
									Total	0.302981

B.9. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2, representados en el Anexo 7 tenemos:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

se sabe que,

$$v_1 = v_2 \text{ (Por ecuación de continuidad)}$$

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas o motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión final, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = [\gamma * [(z_1 - z_2) - h_L]]$$

$$P_2 = \Delta P + P_1$$

donde se conoce que,

$$\gamma = 62.2 \text{ lb/ft}^3. \text{ (Agua a } 80 \text{ }^\circ\text{F) [Aproximación Cap.II Sección 3]}$$

$$z_1 - z_2 = 8.5 \text{ ft.}$$

$$P_1 = 330.75069 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Promedio de resultados de Tabla 2.14.)}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L_{tubería}} + h_{L_{entrada}} + h_{codos}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{in} * \frac{v^2}{2g} + f_{i(codos)} \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, K_{in} = *Coefficiente de Resistencia (Entrada)*

f = *Coefficiente de Fricción*

L = *Longitud de la Tubería (ft)*

D = *Diámetro Interno de la Tubería (ft)*

f_i = *Coefficiente de Fricción*

L_e/D = *Longitud Equivalente*

El número de codos, válvulas de compuerta y filtros; asimismo, las longitudes de la tubería se encuentran representadas en el Anexo 7. Los valores de la tubería se obtienen de la Tabla A.1. y para el coeficiente de resistencia de los componentes de la Tabla 2.8.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, utilizando los valores para tubería nominal de 6" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utiliza la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde ρ = *Densidad (slugs/ft³)*

μ = *Viscosidad Dinámica (lb s/ft²)*

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizo el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde $\varepsilon = \text{Rugosidad del Material}$

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 6", se realizó a partir del factor de fricción explícito para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas en la tubería de diámetro nominal de 6" se encuentran en la Tabla B.9. y los valores resultantes de las cabezas de energía y el valor de la presión final se encuentra en la el Capítulo 2.2.b.5.

Tabla B.9.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"

Caudal (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Coefficiente de Fricción (Entrada)	Coefficiente de Fricción (Codos)	Longitud (m)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)	Peso Específico (lb/ft ³)
0.344110	0.2006	1.71540	0.62	0.12	22.0	1.833	0.5054	32.2	62.2
0.344110	0.2006	1.71540	0.62	0.12	120.0	10.000	0.5054	32.2	62.2
0.344110	0.2006	1.71540	0.62	0.12	80.0	6.667	0.5054	32.2	62.2
0.344110	0.2006	1.71540	0.62	0.12	80.0	6.667	0.5054	32.2	62.2
Total						302.0	25.167		

Continuación... Tabla B.9.

Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Entrada (ft)	Pérdida por Codos (ft)	Pérdidas Totales (ft)
1.93	1.77E-05	0.00015	94533.5	3369.333	0.01965	0.00326	0.02833	0.01097	0.04255
1.93	1.77E-05	0.00015	94533.5	3369.333	0.01965	0.01777	0.00000	0.01097	0.02873
1.93	1.77E-05	0.00015	94533.5	3369.333	0.01965	0.01184	0.00000	0.01097	0.02281
1.93	1.77E-05	0.00015	94533.5	3369.333	0.01965	0.01184	0.00000	0.01097	0.02281
Total									0.116906

APÉNDICE C

C.1. Temperaturas de las Tejas

Las temperaturas obtenidas en el estudio se encuentran en la Tabla C.1.a. para el lado espiga y en la Tabla C.1.b. para el lado coronas.

Para una mayor aproximación del valor de la temperatura en la teja de la chumacera, se realiza un promedio aritmético, en base a la suma de temperaturas obtenidas en el tiempo estudiado y el número de mediciones.

$$\bar{T}_{promedio} = \frac{\sum_{i=0}^n T_i}{n_{veces}}$$

Los resultados se presentan en la Tabla 2.13 para el lado espiga y Tabla 2.14 para el lado coronas. También se incluyen los valores de temperatura mínimos y máximos que la teja llega a mantener por diferentes circunstancias.

Tabla C.1.a.
Temperaturas de las Tejas en el Tiempo Analizado

		LADO ESPIGA											
Fecha	19-11-2000	21-11-2000	22-11-2000	24-11-2000	25-11-2000	27-11-2000	30-11-2000	04-12-2000	07-12-2000	12-12-2000	13-12-2000	15:05	19-12-2001
Hora	15:32	15:40	16:30	15:10	14:30	14:50	18:35	15:15	15:10	15:15			15:35
	Molino 1												
Cuarta	98.6	95.0	98.6	98.6	98.6	82.4	86.0	89.6	91.4	89.6	91.4	91.4	87.8
Cañera	87.8	89.6	86.0	80.6	87.8	89.6	86.0	87.8	84.2	87.8	82.4	82.4	84.2
Bagacera	98.6**	89.6	89.6	86.0	87.8	100.4	87.8	100.4	86.0	84.2	84.2	84.2	84.2
Superior	86.0	84.2	84.2	89.6	87.8	84.2	87.8	89.6	84.2	84.2	84.2	84.2	80.6
	Molino 2												
Cuarta	104.0	109.4	102.2	100.4	102.2	96.8	98.6	102.2	102.2	118.4	111.2	111.2	132.8
Cañera	91.4	87.8	87.8	84.2	84.2	86.0	86.0	89.6	91.4	113.0	89.6	89.6	96.8
Bagacera	100.4	93.2	93.2	98.6	104.0	89.6	89.6	89.6	86.0	89.6	93.2	93.2	87.8
Superior	84.2	86.0	87.8	82.4	82.4	84.2	87.8	86.0	86.0	87.8	89.6	89.6	86.0
	Molino 3												
Cuarta	95.0	95.0	93.2	89.6	89.6	96.8	100.4	0*	100.4	102.2	98.6	98.6	100.4
Cañera	84.2	93.2	87.8	82.4	84.2	89.6	87.8	0*	86.0	87.8	87.8	87.8	91.4
Bagacera	114.8	93.2	93.2	87.8	91.4	107.6	91.4	0*	89.6	104.0	100.4	100.4	91.4
Superior	167.0**	82.4**	114.8	84.2**	114.8	113.0**	107.6**	0*	123.8	89.6**	102.2	102.2	118.4
	Molino 4												
Cuarta	113.0	102.2	107.6	98.6	98.6	102.2	105.8	116.6	109.4	145.4	104.0	104.0	107.6
Cañera	96.8	105.8	138.2	96.8**	89.6**	111.2	93.2	122.0	98.6	129.2	113.0	113.0	120.2
Bagacera	104.0	109.4**	107.6	98.6	102.2	105.8	105.8	107.6	86.0	129.2	102.2	102.2	105.8
Superior	167.0***	105.8	107.6	98.6**	104.0	107.6	102.2	100.4	78.8**	111.2	104.0	104.0	105.8

Tabla C.1.b.
Temperaturas de las Tejas en el Tiempo Analizado

		LADO CORONAS															
Fecha	19-11-2000	21-11-2000	22-11-2000	24-11-2000	25-11-2000	27-11-2000	30-11-2000	04-12-2000	07-12-2000	12-12-2000	13-12-2000	19-12-2001					
Hora	14:55	15:00	15:10	15:10	14:30	14:30	17:45	14:30	14:20	14:30	14:20	14:50					
	Molino 1																
Cuarta	111.2	109.4	107.6	105.8	104.0	109.4	105.8	96.8	100.4	105.8	104.0	102.2					
Cañera	102.2	98.6	100.4	89.6	93.2	95.0	89.6	100.4	87.8	102.2	96.8	109.4					
Bagacera	89.6	114.8	102.2	96.8	95.0	105.8	118.4	120.2	91.4	95.0	95.0	100.4					
Superior	107.6	102.2	98.6	96.8	98.6	107.6	93.2	125.6	93.2	109.4	118.4	93.2					
	Molino 2																
Cuarta	116.6	109.4	114.8	113.0	118.4	102.2	102.2	111.2	118.4	105.8	107.6	98.6					
Cañera	111.2	91.4	89.6	107.6	98.6	96.8	84.2	93.2	93.2	93.2	87.8	96.8					
Bagacera	96.8	96.8	91.4	89.6	89.6	89.6	102.2	84.2	87.8	87.8	86.0	84.2					
Superior	104.0	93.2	102.2	104.0	100.4	96.8	98.6	98.6	98.6	104.0	96.8	118.4					
	Molino 3																
Cuarta	96.8	98.6	95.0	91.4	98.6	95.0	100.4	0*	102.2	102.2	102.2	98.6					
Cañera	98.6	123.8	105.8	98.6	104.0	96.8	98.6	0*	116.6	93.2	93.2	87.8					
Bagacera	82.4	84.2**	96.8**	111.2	89.6**	89.6**	105.8**	0*	91.4**	100.4**	105.8	132.8					
Superior	118.4**	91.4**	98.6**	89.6**	91.4**	91.4**	87.8**	0*	89.6**	116.6**	95.0**	96.8**					
	Molino 4																
Cuarta	118.4	95.0	111.2	109.4	105.8	107.6	111.2	113.0	105.8	105.8	105.8	109.4					
Cañera	87.8	89.6	89.6	91.4	93.2	93.2	89.6	93.2	87.8	93.2	89.6	95.0					
Bagacera	125.6	84.2**	89.6**	100.4	102.2	107.6	102.2	100.4**	93.2	96.8	95.0	100.4					
Superior	98.6**	91.4**	87.8**	89.6**	86.0**	105.8**	91.4**	98.6**	93.2**	100.4**	96.8**	98.6**					

C.2. Transferencia de Calor por Convección Forzada o Libre³⁹

Para determinar si la transferencia de calor por convección es libre o forzada, se sabe que el número de Nusselt (N_{uL}), está en función del número de Reynolds (N_{RL}), Grashof (Gr_L) y Prandtl (Pr) y que esto ocurre cuando los efectos de convección libre y forzada son comparables. Para tales casos se superpone un flujo externo sobre el flujo impulsado por empuje, y existe una velocidad de convección bien definida. Por lo general los efectos combinados de convección libre y forzada se deben considerar cuando $(Gr_L/N_{RL}^2) \approx 1$. Pero si satisface las desigualdades:

- (Gr_L/N_{RL}^2) es mucho menor que 1; los efectos de convección libre se pueden ignorar.
- (Gr_L/N_{RL}^2) es mucho mayor que 1; los efectos de convección forzada se pueden ignorar.

Para determinar el número de Grashof se utiliza la siguiente ecuación:

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2}$$

donde, g = Gravedad (m/s^2)

β = Coeficiente de Expansión (K^{-1})

T_s = Temperatura de la Superficie (K)

T_∞ = Temperatura del Fluido (K)

L = Longitud (m)

ν = Viscosidad Cinética (m^2/s)

Para determinar el número de Reynolds se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_{RL} = \frac{\nu L \rho}{\mu}$$

³⁹ **Nota:** Debido a la ausencia de los valores de los coeficientes y propiedades del agua en Sistema Inglés se utilizó el Sistema Internacional para evitar la conversión de todos los valores. Sin embargo, los resultados se presentan en el Sistema Inglés.

donde, $v =$ Velocidad del Fluido (m/s)

$\rho =$ Densidad del Fluido (kg/m³)

$\mu =$ Viscosidad Dinámica (kg m/s)

Para determinar los números anteriormente descritos se utiliza los valores de la Tabla A.2. a las temperaturas de película (T_f):

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

Los datos de longitud y área del caudal, se toman a partir de los planos correspondientes a cada caja de enfriamiento. Los cálculos de la relación se presentan en la Tabla C.2.a. para los molinos del lado espiga y Tabla C.2.b. para los molinos del lado coronas. El promedio de los resultados se presenta en la Tabla 2.15.

Tabla C.2.a.
Relación de Convección Forzada o Libre (Lado Espiga)

MOLINO 1 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
2	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
4	27	25	26.00000	299.15000	9.81	2.664E-04	0.0010028	8.758E-04
5	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
6	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
7	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
8	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
9	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
10	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
11	28	25	26.50000	299.65000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
12	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04

MOLINO 1 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.406E-07	4.130	1683098.4	0.00029281	0.00065	0.45386	2229525.8	3.3860E-07
2	8.237E-07	4.130	2110710.7	0.00029281	0.00065	0.45386	2275350.2	4.0769E-07
3	8.406E-07	4.130	1402582.0	0.00029281	0.00065	0.45386	2229525.8	2.8217E-07

MOLINO 1 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
4	8.783E-07	4.130	479861.4	0.00029281	0.00065	0.45386	2134065.3	1.0537E-07
5	8.406E-07	4.130	1683098.4	0.00029281	0.00065	0.45386	2229525.8	3.3860E-07
6	8.237E-07	4.130	2110710.7	0.00029281	0.00065	0.45386	2275350.2	4.0769E-07
7	8.406E-07	4.130	1402582.0	0.00029281	0.00065	0.45386	2229525.8	2.8217E-07
8	8.406E-07	4.130	1683098.4	0.00029281	0.00065	0.45386	2229525.8	3.3860E-07
9	8.576E-07	4.130	1043730.3	0.00029281	0.00065	0.45386	2185545.8	2.1851E-07
10	8.406E-07	4.130	1683098.4	0.00029281	0.00065	0.45386	2229525.8	3.3860E-07
11	8.576E-07	4.130	782797.7	0.00029281	0.00065	0.45386	2185545.8	1.6388E-07
12	8.576E-07	4.130	1043730.3	0.00029281	0.00065	0.45386	2185545.8	2.1851E-07
Promedio								2.8670E-07

MOLINO 1 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
2	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
5	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
6	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
7	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
8	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
9	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
11	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
12	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04

MOLINO 1 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.898E-07	4.130	4180671.8	0.000353448	0.00065	0.54785	2864442.0	5.0953E-07
2	8.237E-07	4.130	2110710.7	0.000353448	0.00065	0.54785	2746550.2	2.7980E-07
3	8.237E-07	4.130	2110710.7	0.000353448	0.00065	0.54785	2746550.2	2.7980E-07
4	8.406E-07	4.130	1402582.0	0.000353448	0.00065	0.54785	2691236.1	1.9365E-07
5	8.406E-07	4.130	1683098.4	0.000353448	0.00065	0.54785	2691236.1	2.3238E-07
6	7.728E-07	4.130	4869095.5	0.000353448	0.00065	0.54785	2927344.6	5.6820E-07
7	8.406E-07	4.130	1683098.4	0.000353448	0.00065	0.54785	2691236.1	2.3238E-07
8	7.728E-07	4.130	4869095.5	0.000353448	0.00065	0.54785	2927344.6	5.6820E-07

MOLINO 1 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
9	8.406E-07	4.130	1402582.0	0.000353448	0.00065	0.54785	2691236.1	1.9365E-07
10	8.576E-07	4.130	1043730.3	0.000353448	0.00065	0.54785	2638148.3	1.4996E-07
11	8.576E-07	4.130	1043730.3	0.000353448	0.00065	0.54785	2638148.3	1.4996E-07
12	8.576E-07	4.130	1043730.3	0.000353448	0.00065	0.54785	2638148.3	1.4996E-07
Promedio								2.9229E-07

MOLINO 1 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
2	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
3	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
4	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
6	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
7	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
8	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
9	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
11	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
12	27	25	26.00000	299.15000	9.81	2.664E-04	0.0010028	8.758E-04

MOLINO 1 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.406E-07	4.614	1955820.2	0.000277322	0.00112	0.24748	1358196.7	1.0602E-06
2	8.576E-07	4.614	1455422.0	0.000277322	0.00112	0.24748	1331404.7	8.2105E-07
3	8.576E-07	4.614	1455422.0	0.000277322	0.00112	0.24748	1331404.7	8.2105E-07
4	8.237E-07	4.614	2943265.1	0.000277322	0.00112	0.24748	1386112.3	1.5319E-06
5	8.406E-07	4.614	2346984.3	0.000277322	0.00112	0.24748	1358196.7	1.2723E-06
6	8.576E-07	4.614	1455422.0	0.000277322	0.00112	0.24748	1331404.7	8.2105E-07
7	8.406E-07	4.614	2346984.3	0.000277322	0.00112	0.24748	1358196.7	1.2723E-06
8	8.237E-07	4.614	2943265.1	0.000277322	0.00112	0.24748	1386112.3	1.5319E-06
9	8.406E-07	4.614	1564656.2	0.000277322	0.00112	0.24748	1358196.7	8.4819E-07
10	8.576E-07	4.614	1455422.0	0.000277322	0.00112	0.24748	1331404.7	8.2105E-07
11	8.576E-07	4.614	1455422.0	0.000277322	0.00112	0.24748	1331404.7	8.2105E-07
12	8.783E-07	4.614	669139.3	0.000277322	0.00112	0.24748	1300043.4	3.9591E-07
Promedio								1.0015E-06

MOLINO 2 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
2	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
3	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
4	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
5	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
6	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
7	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
8	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
9	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	45	25	35.00000	308.15000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
11	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
12	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 2 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000331151	0.00081	0.41063	1389635.4	3.8422E-07
2	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000331151	0.00081	0.41063	1361648.8	2.7922E-07
3	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000331151	0.00081	0.41063	1361648.8	2.7922E-07
4	8.576E-07	2.788	321036.6	0.000331151	0.00081	0.41063	1334788.7	1.8019E-07
5	8.576E-07	2.788	321036.6	0.000331151	0.00081	0.41063	1334788.7	1.8019E-07
6	8.406E-07	2.788	431414.3	0.000331151	0.00081	0.41063	1361648.8	2.3268E-07
7	8.406E-07	2.788	431414.3	0.000331151	0.00081	0.41063	1361648.8	2.3268E-07
8	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000331151	0.00081	0.41063	1389635.4	3.3620E-07
9	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000331151	0.00081	0.41063	1389635.4	3.8422E-07
10	7.291E-07	2.788	2795702.1	0.000331151	0.00081	0.41063	1569990.2	1.1342E-06
11	8.406E-07	2.788	603980.0	0.000331151	0.00081	0.41063	1361648.8	3.2576E-07
12	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000331151	0.00081	0.41063	1449283.5	5.6120E-07
Promedio								3.7583E-07

MOLINO 2 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
2	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
3	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
4	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 2 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
5	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
6	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
7	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
8	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
9	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
11	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04

MOLINO 2 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1275374.5	9.2074E-07
2	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000285152	0.00081	0.35359	1221738.1	6.0109E-07
3	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000285152	0.00081	0.35359	1221738.1	6.0109E-07
4	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000285152	0.00081	0.35359	1247969.4	8.2567E-07
5	7.583E-07	2.788	1842848.5	0.000285152	0.00081	0.35359	1299884.4	1.0906E-06
6	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1196606.7	4.5341E-07
7	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1196606.7	4.5341E-07
8	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1196606.7	4.5341E-07
9	8.406E-07	2.788	431414.3	0.000285152	0.00081	0.35359	1172507.7	3.1381E-07
10	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1196606.7	4.5341E-07
11	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000285152	0.00081	0.35359	1221738.1	6.0109E-07
12	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000285152	0.00081	0.35359	1172507.7	3.7657E-07
Promedio								5.9536E-07

MOLINO 2 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
2	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
3	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
4	28	25	26.50000	299.65000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
5	28	25	26.50000	299.65000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
6	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
7	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
8	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
9	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04

MOLINO 2 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
10	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
11	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
12	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04

MOLINO 2 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.576E-07	3.901	880100.5	0.000246792	0.00095	0.26044	1184833.8	6.2693E-07
2	8.406E-07	3.901	1182693.6	0.000246792	0.00095	0.26044	1208676.4	8.0957E-07
3	8.406E-07	3.901	1419232.3	0.000246792	0.00095	0.26044	1208676.4	9.7148E-07
4	8.576E-07	3.901	660075.4	0.000246792	0.00095	0.26044	1184833.8	4.7020E-07
5	8.576E-07	3.901	660075.4	0.000246792	0.00095	0.26044	1184833.8	4.7020E-07
6	8.576E-07	3.901	880100.5	0.000246792	0.00095	0.26044	1184833.8	6.2693E-07
7	8.406E-07	3.901	1419232.3	0.000246792	0.00095	0.26044	1208676.4	9.7148E-07
8	8.406E-07	3.901	1182693.6	0.000246792	0.00095	0.26044	1208676.4	8.0957E-07
9	8.406E-07	3.901	1182693.6	0.000246792	0.00095	0.26044	1208676.4	8.0957E-07
10	8.406E-07	3.901	1419232.3	0.000246792	0.00095	0.26044	1208676.4	9.7148E-07
11	8.237E-07	3.901	1779806.1	0.000246792	0.00095	0.26044	1233518.8	1.1697E-06
12	8.406E-07	3.901	1182693.6	0.000246792	0.00095	0.26044	1208676.4	8.0957E-07
Promedio								7.9306E-07

MOLINO 3 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
2	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
3	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
4	28	25	26.50000	299.65000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
5	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
6	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
7	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
8	0	0	0.00000	0.00000	0.00	0.000E+00	0.0000000	0.000E+00
9	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
11	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
12	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04

MOLINO 3 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.576E-07	2.045	126692.8	0.000142341	0.00286	0.04972	118545.9	9.0153E-06
2	8.068E-07	2.045	354072.8	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.2299E-05
3	8.406E-07	2.045	204302.3	0.000142341	0.00286	0.04972	120931.4	1.3970E-05
4	8.576E-07	2.045	95019.6	0.000142341	0.00286	0.04972	118545.9	6.7615E-06
5	8.576E-07	2.045	126692.8	0.000142341	0.00286	0.04972	118545.9	9.0153E-06
6	8.237E-07	2.045	256207.8	0.000142341	0.00286	0.04972	123417.0	1.6821E-05
7	8.406E-07	2.045	204302.3	0.000142341	0.00286	0.04972	120931.4	1.3970E-05
8	0.000E+00	0.000	0.0	0.000000	0.00000	0.00000	0.0	0.0000E+00
9	8.406E-07	2.045	170251.9	0.000142341	0.00286	0.04972	120931.4	1.1642E-05
10	8.406E-07	2.045	204302.3	0.000142341	0.00286	0.04972	120931.4	1.3970E-05
11	8.406E-07	2.045	204302.3	0.000142341	0.00286	0.04972	120931.4	1.3970E-05
12	8.237E-07	2.045	292808.9	0.000142341	0.00286	0.04972	123417.0	1.9224E-05
Promedio								1.3696E-05

MOLINO 3 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	46	25	35.50000	308.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
2	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
3	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
4	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
5	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
6	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
7	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
8	0	0	0.00000	0.00000	0.00	0.000E+00	0.0000000	0.000E+00
9	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
11	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
12	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04

MOLINO 3 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.145E-07	2.045	1236136.7	2.1299E-05	0.00286	0.00744	21290.7	2.7270E-03
2	8.068E-07	2.045	354072.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18855.2	9.9594E-04
3	8.068E-07	2.045	354072.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18855.2	9.9594E-04
4	8.406E-07	2.045	204302.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18095.4	6.2393E-04
5	8.237E-07	2.045	292808.9	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18467.3	8.5857E-04

MOLINO 3 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
6	7.437E-07	2.045	879088.0	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20454.6	2.1011E-03
7	8.237E-07	2.045	292808.9	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18467.3	8.5857E-04
8	0.000E+00	0.000	0.0	0.000000	0.00000	0.00000	0.0	0.0000E+00
9	8.237E-07	2.045	256207.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18467.3	7.5125E-04
10	7.583E-07	2.045	727255.6	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20061.2	1.8071E-03
11	7.728E-07	2.045	591033.4	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.5256E-03
12	8.237E-07	2.045	292808.9	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18467.3	8.5857E-04
Promedio								1.2821E-03

MOLINO 3 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Especifico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	75	25	50.00000	323.15000	9.81	4.574E-04	0.0010122	5.476E-04
2	28	25	26.50000	299.65000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
3	46	25	35.50000	308.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
4	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
5	46	25	35.50000	308.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
6	45	25	35.00000	308.15000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
7	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
8	0	0	0.00000	0.00000	0.00	0.000E+00	0.0000000	0.000E+00
9	51	25	38.00000	311.15000	9.81	3.696E-04	0.0010074	6.822E-04
10	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
11	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
12	48	25	36.50000	309.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04

MOLINO 3 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	5.543E-07	2.100	6928930.1	0.000148873	0.00286	0.05200	197015.1	1.7851E-04
2	8.576E-07	2.100	102939.6	0.000148873	0.00286	0.05200	127339.2	6.3483E-06
3	7.145E-07	2.100	1339169.6	0.000148873	0.00286	0.05200	152839.8	5.7327E-05
4	8.576E-07	2.100	137252.8	0.000148873	0.00286	0.05200	127339.2	8.4644E-06
5	7.145E-07	2.100	1339169.6	0.000148873	0.00286	0.05200	152839.8	5.7327E-05
6	7.291E-07	2.100	1195246.3	0.000148873	0.00286	0.05200	149777.5	5.3280E-05
7	7.437E-07	2.100	952360.6	0.000148873	0.00286	0.05200	146837.9	4.4170E-05
8	0.000E+00	0.000	0.0	0.000000	0.00000	0.00000	0.0	0.0000E+00
9	6.872E-07	2.100	1875896.1	0.000148873	0.00286	0.05200	158897.0	7.4298E-05
10	8.237E-07	2.100	277562.9	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.5793E-05

MOLINO 3 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
11	7.728E-07	2.100	689550.0	0.000148873	0.00286	0.05200	141298.3	3.4538E-05
12	7.145E-07	2.100	1466709.5	0.000148873	0.00286	0.05200	152839.8	6.2787E-05
Promedio								5.3895E-05

MOLINO 4 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
2	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
3	59	25	42.00000	315.15000	9.81	4.004E-04	0.0010090	6.310E-04
4	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
5	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
6	44	25	34.50000	307.65000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
7	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
8	50	25	37.50000	310.65000	9.81	3.696E-04	0.0010074	6.822E-04
9	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
10	54	25	39.50000	312.65000	9.81	3.850E-04	0.0010082	6.566E-04
11	45	25	35.00000	308.15000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
12	49	25	37.00000	310.15000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04

MOLINO 4 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.898E-07	2.045	465180.2	0.000142341	0.00286	0.04972	128714.5	2.8078E-05
2	7.583E-07	2.045	775739.3	0.000142341	0.00286	0.04972	134068.9	4.3158E-05
3	6.367E-07	2.045	2867292.9	0.000142341	0.00286	0.04972	159673.6	1.1246E-04
4	7.898E-07	2.045	465180.2	0.000142341	0.00286	0.04972	128714.5	2.8078E-05
5	8.237E-07	2.045	256207.8	0.000142341	0.00286	0.04972	123417.0	1.6821E-05
6	7.291E-07	2.045	1048122.2	0.000142341	0.00286	0.04972	139434.7	5.3910E-05
7	8.068E-07	2.045	354072.8	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.2299E-05
8	6.872E-07	2.045	1664969.7	0.000142341	0.00286	0.04972	147924.4	7.6090E-05
9	7.898E-07	2.045	507469.3	0.000142341	0.00286	0.04972	128714.5	3.0631E-05
10	6.620E-07	2.045	2171774.7	0.000142341	0.00286	0.04972	153569.8	9.2088E-05
11	7.291E-07	2.045	1103286.5	0.000142341	0.00286	0.04972	139434.7	5.6747E-05
12	6.999E-07	2.045	1507953.7	0.000142341	0.00286	0.04972	145257.7	7.1468E-05
Promedio								5.2652E-05

MOLINO 4 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
2	43	25	34.00000	307.15000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
3	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
4	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
5	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
6	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
7	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
8	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
9	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	54	25	39.50000	312.65000	9.81	3.850E-04	0.0010082	6.566E-04
11	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
12	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04

MOLINO 4 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.583E-07	2.045	727255.6	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20061.2	1.8071E-03
2	7.437E-07	2.045	930799.0	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20454.6	2.2247E-03
3	7.437E-07	2.045	879088.0	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20454.6	2.1011E-03
4	7.898E-07	2.045	507469.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19260.0	1.3680E-03
5	7.728E-07	2.045	636497.5	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.6429E-03
6	7.583E-07	2.045	775739.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20061.2	1.9275E-03
7	7.583E-07	2.045	775739.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20061.2	1.9275E-03
8	7.437E-07	2.045	879088.0	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20454.6	2.1011E-03
9	8.406E-07	2.045	170251.9	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18095.4	5.1994E-04
10	6.620E-07	2.045	2171774.7	2.1299E-05	0.00286	0.00744	22979.2	4.1129E-03
11	7.728E-07	2.045	636497.5	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.6429E-03
12	7.583E-07	2.045	775739.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20061.2	1.9275E-03
Promedio								1.9419E-03

MOLINO 4 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	75	25	50.00000	323.15000	9.81	4.574E-04	0.0010122	5.476E-04
2	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
3	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
4	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
5	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04

MOLINO 4 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
6	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
7	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
8	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
9	26	25	25.50000	298.65000	9.81	2.664E-04	0.0010028	8.758E-04
10	44	25	34.50000	307.65000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
11	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
12	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04

MOLINO 4 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	5.543E-07	2.100	6928930.1	0.000148873	0.00286	0.05200	197015.1	1.7851E-04
2	7.583E-07	2.100	840397.7	0.000148873	0.00286	0.05200	144013.7	4.0521E-05
3	7.437E-07	2.100	952360.6	0.000148873	0.00286	0.05200	146837.9	4.4170E-05
4	7.898E-07	2.100	549767.2	0.000148873	0.00286	0.05200	138262.1	2.8759E-05
5	7.583E-07	2.100	787872.9	0.000148873	0.00286	0.05200	144013.7	3.7988E-05
6	7.437E-07	2.100	952360.6	0.000148873	0.00286	0.05200	146837.9	4.4170E-05
7	7.728E-07	2.100	689550.0	0.000148873	0.00286	0.05200	141298.3	3.4538E-05
8	7.728E-07	2.100	640296.4	0.000148873	0.00286	0.05200	141298.3	3.2071E-05
9	8.783E-07	2.100	31551.4	0.000148873	0.00286	0.05200	124339.8	2.0408E-06
10	7.291E-07	2.100	1135484.0	0.000148873	0.00286	0.05200	149777.5	5.0616E-05
11	7.583E-07	2.100	787872.9	0.000148873	0.00286	0.05200	144013.7	3.7988E-05
12	7.583E-07	2.100	840397.7	0.000148873	0.00286	0.05200	144013.7	4.0521E-05
Promedio								4.7658E-05

MOLINO 5 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	58	25	41.50000	314.65000	9.81	4.004E-04	0.0010090	6.310E-04
2	49	25	37.00000	310.15000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
3	49	25	37.00000	310.15000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
4	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
5	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
6	43	25	34.00000	307.15000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
7	49	25	37.00000	310.15000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
8	44	25	34.50000	307.65000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
9	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
10	46	25	35.50000	308.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04

MOLINO 5 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
11	46	25	35.50000	308.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
12	45	25	35.00000	308.15000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04

MOLINO 5 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	6.367E-07	2.788	7051957.2	0.000245016	0.00081	0.30382	1330228.7	3.9853E-06
2	6.999E-07	2.788	3821119.2	0.000245016	0.00081	0.30382	1210131.5	2.6093E-06
3	6.999E-07	2.788	3821119.2	0.000245016	0.00081	0.30382	1210131.5	2.6093E-06
4	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.000245016	0.00081	0.30382	1138821.8	1.7176E-06
5	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.000245016	0.00081	0.30382	1138821.8	1.7176E-06
6	7.437E-07	2.788	2358622.9	0.000245016	0.00081	0.30382	1138821.8	1.8186E-06
7	6.999E-07	2.788	3821119.2	0.000245016	0.00081	0.30382	1210131.5	2.6093E-06
8	7.291E-07	2.788	2655917.0	0.000245016	0.00081	0.30382	1161620.3	1.9683E-06
9	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000245016	0.00081	0.30382	1072310.7	1.1183E-06
10	7.145E-07	2.788	3132341.2	0.000245016	0.00081	0.30382	1185370.0	2.2293E-06
11	7.145E-07	2.788	3132341.2	0.000245016	0.00081	0.30382	1185370.0	2.2293E-06
12	7.291E-07	2.788	2795702.1	0.000245016	0.00081	0.30382	1161620.3	2.0719E-06
Promedio								2.2237E-06

MOLINO 5 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
2	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
6	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
7	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
8	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
9	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
11	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04

MOLINO 5 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000221684	0.00081	0.27489	911533.3	6.2306E-07
2	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000221684	0.00081	0.27489	930268.5	8.5737E-07
3	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000221684	0.00081	0.27489	930268.5	8.5737E-07
4	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000221684	0.00081	0.27489	930268.5	7.5020E-07
5	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000221684	0.00081	0.27489	911533.3	6.2306E-07
6	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000221684	0.00081	0.27489	949806.1	9.9455E-07
7	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000221684	0.00081	0.27489	970198.9	1.2523E-06
8	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000221684	0.00081	0.27489	970198.9	1.2523E-06
9	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000221684	0.00081	0.27489	930268.5	8.5737E-07
10	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000221684	0.00081	0.27489	970198.9	1.2523E-06
11	8.068E-07	2.788	996902.3	0.000221684	0.00081	0.27489	949806.1	1.1051E-06
12	8.406E-07	2.788	431414.3	0.000221684	0.00081	0.27489	911533.3	5.1922E-07
Promedio								9.1201E-07

MOLINO 5 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
2	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
3	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
4	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
5	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
6	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
7	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
8	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
9	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
11	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
12	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04

MOLINO 5 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.576E-07	3.695	747731.0	0.000354528	0.00090	0.39502	1702068.2	2.5810E-07
2	8.576E-07	3.695	747731.0	0.000354528	0.00090	0.39502	1702068.2	2.5810E-07
3	8.406E-07	3.695	1205776.0	0.000354528	0.00090	0.39502	1736319.1	3.9995E-07
4	8.576E-07	3.695	747731.0	0.000354528	0.00090	0.39502	1702068.2	2.5810E-07
5	8.576E-07	3.695	747731.0	0.000354528	0.00090	0.39502	1702068.2	2.5810E-07

MOLINO 5 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
6	8.237E-07	3.695	1728135.4	0.000354528	0.00090	0.39502	1772006.5	5.5036E-07
7	8.068E-07	3.695	2089709.7	0.000354528	0.00090	0.39502	1809222.4	6.3841E-07
8	8.406E-07	3.695	1205776.0	0.000354528	0.00090	0.39502	1736319.1	3.9995E-07
9	8.237E-07	3.695	1728135.4	0.000354528	0.00090	0.39502	1772006.5	5.5036E-07
10	8.406E-07	3.695	1205776.0	0.000354528	0.00090	0.39502	1736319.1	3.9995E-07
11	7.898E-07	3.695	2995043.9	0.000354528	0.00090	0.39502	1848067.3	8.7694E-07
12	8.237E-07	3.695	1512118.5	0.000354528	0.00090	0.39502	1772006.5	4.8157E-07
Promedio								4.4416E-07

MOLINO 6 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
2	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
3	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
6	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
7	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
8	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
9	43	25	34.00000	307.15000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
10	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
11	46	25	35.50000	308.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
12	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 6 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.237E-07	2.788	649224.6	0.00020614	0.00081	0.25561	865038.8	8.6761E-07
2	8.406E-07	2.788	517697.1	0.00020614	0.00081	0.25561	847617.3	7.2057E-07
3	8.237E-07	2.788	741971.0	0.00020614	0.00081	0.25561	865038.8	9.9155E-07
4	8.237E-07	2.788	741971.0	0.00020614	0.00081	0.25561	865038.8	9.9155E-07
5	8.068E-07	2.788	897212.1	0.00020614	0.00081	0.25561	883206.4	1.1502E-06
6	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.00020614	0.00081	0.25561	921980.8	1.8974E-06
7	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.00020614	0.00081	0.25561	921980.8	1.8974E-06
8	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.00020614	0.00081	0.25561	902169.3	1.5799E-06
9	7.437E-07	2.788	2358622.9	0.00020614	0.00081	0.25561	958127.3	2.5693E-06
10	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.00020614	0.00081	0.25561	958127.3	2.4265E-06

MOLINO 6 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
11	7.145E-07	2.788	3132341.2	0.00020614	0.00081	0.25561	997289.7	3.1494E-06
12	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.00020614	0.00081	0.25561	902169.3	1.5799E-06
Promedio								1.6518E-06

MOLINO 6 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Pellicula (°C)	Temperatura de Pellicula (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Especifico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
2	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
4	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
6	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
7	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
8	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
9	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
10	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
11	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
12	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04

MOLINO 6 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1116263.0	5.2103E-07
2	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1116263.0	5.2103E-07
3	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000266006	0.00081	0.32985	1139706.9	6.9073E-07
4	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000266006	0.00081	0.32985	1116263.0	5.9546E-07
5	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000266006	0.00081	0.32985	1093782.0	4.3273E-07
6	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000266006	0.00081	0.32985	1139706.9	6.9073E-07
7	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000266006	0.00081	0.32985	1139706.9	6.9073E-07
8	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1164177.0	8.6973E-07
9	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000266006	0.00081	0.32985	1139706.9	6.9073E-07
10	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1189742.1	1.0581E-06
11	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000266006	0.00081	0.32985	1164177.0	9.4880E-07
12	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000266006	0.00081	0.32985	1139706.9	6.9073E-07
Promedio								7.0004E-07

MOLINO 6 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
2	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
3	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
5	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
6	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
7	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
8	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
9	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
11	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04

MOLINO 6 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.728E-07	3.901	4105747.9	0.000329441	0.00095	0.34765	1755006.4	1.3330E-06
2	8.576E-07	3.901	880100.5	0.000329441	0.00095	0.34765	1581627.0	3.5182E-07
3	8.237E-07	3.901	1779806.1	0.000329441	0.00095	0.34765	1646616.3	6.5643E-07
4	8.576E-07	3.901	880100.5	0.000329441	0.00095	0.34765	1581627.0	3.5182E-07
5	8.406E-07	3.901	1182693.6	0.000329441	0.00095	0.34765	1613454.3	4.5432E-07
6	8.406E-07	3.901	1182693.6	0.000329441	0.00095	0.34765	1613454.3	4.5432E-07
7	7.898E-07	3.901	3231480.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1717295.0	1.0958E-06
8	8.406E-07	3.901	1419232.3	0.000329441	0.00095	0.34765	1613454.3	5.4518E-07
9	8.237E-07	3.901	1779806.1	0.000329441	0.00095	0.34765	1646616.3	6.5643E-07
10	8.406E-07	3.901	1419232.3	0.000329441	0.00095	0.34765	1613454.3	5.4518E-07
11	8.068E-07	3.901	2732941.3	0.000329441	0.00095	0.34765	1681198.8	9.6692E-07
12	8.068E-07	3.901	2732941.3	0.000329441	0.00095	0.34765	1681198.8	9.6692E-07
Promedio								6.9818E-07

MOLINO 7 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
2	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04

MOLINO 7 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
11	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
12	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04

MOLINO 7 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1411598.3	2.5981E-07
2	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000343299	0.00081	0.42569	1502447.7	5.2219E-07
3	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1470867.4	4.1471E-07
4	8.068E-07	2.788	996902.3	0.000343299	0.00081	0.42569	1470867.4	4.6079E-07
5	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000343299	0.00081	0.42569	1502447.7	5.6966E-07
6	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000343299	0.00081	0.42569	1502447.7	5.6966E-07
7	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000343299	0.00081	0.42569	1502447.7	5.6966E-07
8	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.000343299	0.00081	0.42569	1595638.5	8.7492E-07
9	7.583E-07	2.788	1965705.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1564948.9	8.0263E-07
10	7.583E-07	2.788	1965705.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1564948.9	8.0263E-07
11	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.000343299	0.00081	0.42569	1535441.1	6.8412E-07
12	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.000343299	0.00081	0.42569	1535441.1	6.8412E-07
Promedio								6.0124E-07

MOLINO 7 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	28	25	26.50000	299.65000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
2	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
5	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
6	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
7	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
8	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
9	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
10	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
11	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
12	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 7 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.576E-07	3.901	660075.4	0.00023865	0.00095	0.25184	1145743.1	5.0283E-07
2	8.237E-07	3.901	1779806.1	0.00023865	0.00095	0.25184	1192821.9	1.2509E-06
3	8.237E-07	3.901	1779806.1	0.00023865	0.00095	0.25184	1192821.9	1.2509E-06
4	8.406E-07	3.901	1419232.3	0.00023865	0.00095	0.25184	1168799.0	1.0389E-06
5	8.237E-07	3.901	1779806.1	0.00023865	0.00095	0.25184	1192821.9	1.2509E-06
6	8.237E-07	3.901	1779806.1	0.00023865	0.00095	0.25184	1192821.9	1.2509E-06
7	7.728E-07	3.901	4105747.9	0.00023865	0.00095	0.25184	1271340.5	2.5402E-06
8	8.237E-07	3.901	1779806.1	0.00023865	0.00095	0.25184	1192821.9	1.2509E-06
9	7.898E-07	3.901	3525251.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1244022.1	2.2779E-06
10	7.898E-07	3.901	3231480.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1244022.1	2.0881E-06
11	7.898E-07	3.901	3231480.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1244022.1	2.0881E-06
12	7.898E-07	3.901	3231480.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1244022.1	2.0881E-06
Promedio								1.5732E-06

Tabla C.2.b.
Relación de Convección Forzada o Libre (Lado Coronas)

MOLINO 1 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
2	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
3	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
4	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
6	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
7	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
8	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
9	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
11	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
12	43	25	34.00000	307.15000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04

MOLINO 1 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.728E-07	4.130	5243641.3	0.00029281	0.00065	0.45386	2425127.4	8.9159E-07
2	7.898E-07	4.130	4180671.8	0.00029281	0.00065	0.45386	2373016.4	7.4241E-07
3	7.728E-07	4.130	4869095.5	0.00029281	0.00065	0.45386	2425127.4	8.2790E-07

MOLINO 1 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
4	8.237E-07	4.130	2110710.7	0.00029281	0.00065	0.45386	2275350.2	4.0769E-07
5	8.068E-07	4.130	2916949.0	0.00029281	0.00065	0.45386	2323137.5	5.4048E-07
6	8.068E-07	4.130	3241054.4	0.00029281	0.00065	0.45386	2323137.5	6.0053E-07
7	8.237E-07	4.130	2110710.7	0.00029281	0.00065	0.45386	2275350.2	4.0769E-07
8	7.728E-07	4.130	4869095.5	0.00029281	0.00065	0.45386	2425127.4	8.2790E-07
9	8.406E-07	4.130	1683098.4	0.00029281	0.00065	0.45386	2229525.8	3.3860E-07
10	7.728E-07	4.130	5243641.3	0.00029281	0.00065	0.45386	2425127.4	8.9159E-07
11	7.898E-07	4.130	3832282.5	0.00029281	0.00065	0.45386	2373016.4	6.8054E-07
12	7.437E-07	4.130	7668178.9	0.00029281	0.00065	0.45386	2520205.1	1.2073E-06
Promedio								6.9702E-07

MOLINO 1 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Especifico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
2	46	25	35.50000	308.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
3	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
4	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
5	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
6	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
7	48	25	36.50000	309.65000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
8	49	25	37.00000	310.15000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
9	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
11	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04

MOLINO 1 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.237E-07	4.130	2110710.7	0.000353448	0.00065	0.54785	2746550.2	2.7980E-07
2	7.145E-07	4.130	10183634.2	0.000353448	0.00065	0.54785	3166455.1	1.0157E-06
3	7.728E-07	4.130	5243641.3	0.000353448	0.00065	0.54785	2927344.6	6.1191E-07
4	7.898E-07	4.130	3832282.5	0.000353448	0.00065	0.54785	2864442.0	4.6707E-07
5	8.068E-07	4.130	3241054.4	0.000353448	0.00065	0.54785	2804233.7	4.1215E-07
6	7.583E-07	4.130	6390753.8	0.000353448	0.00065	0.54785	2983601.7	7.1791E-07
7	6.999E-07	4.130	11905315.7	0.000353448	0.00065	0.54785	3232600.1	1.1393E-06
8	6.999E-07	4.130	12422938.1	0.000353448	0.00065	0.54785	3232600.1	1.1888E-06

MOLINO 1 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
9	8.237E-07	4.130	2412240.8	0.000353448	0.00065	0.54785	2746550.2	3.1978E-07
10	8.068E-07	4.130	3241054.4	0.000353448	0.00065	0.54785	2804233.7	4.1215E-07
11	8.068E-07	4.130	3241054.4	0.000353448	0.00065	0.54785	2804233.7	4.1215E-07
12	7.728E-07	4.130	4869095.5	0.000353448	0.00065	0.54785	2927344.6	5.6820E-07
Promedio								6.2874E-07

MOLINO 1 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
2	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
3	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
4	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
5	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
6	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
7	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
8	52	25	38.50000	311.65000	9.81	3.773E-04	0.0010078	6.694E-04
9	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
10	43	25	34.00000	307.15000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
11	48	25	36.50000	309.65000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
12	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04

MOLINO 1 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.437E-07	4.614	10098789.7	0.000277322	0.00112	0.24748	1535274.5	4.2845E-06
2	7.728E-07	4.614	7311957.4	0.000277322	0.00112	0.24748	1477354.5	3.3501E-06
3	7.898E-07	4.614	5829707.3	0.000277322	0.00112	0.24748	1445609.2	2.7896E-06
4	7.898E-07	4.614	5343898.4	0.000277322	0.00112	0.24748	1445609.2	2.5572E-06
5	7.898E-07	4.614	5829707.3	0.000277322	0.00112	0.24748	1445609.2	2.7896E-06
6	7.437E-07	4.614	10098789.7	0.000277322	0.00112	0.24748	1535274.5	4.2845E-06
7	8.068E-07	4.614	4067518.2	0.000277322	0.00112	0.24748	1415223.6	2.0309E-06
8	6.746E-07	4.614	21901503.8	0.000277322	0.00112	0.24748	1692454.7	7.6461E-06
9	8.068E-07	4.614	4067518.2	0.000277322	0.00112	0.24748	1415223.6	2.0309E-06
10	7.437E-07	4.614	10692836.2	0.000277322	0.00112	0.24748	1535274.5	4.5365E-06
11	6.999E-07	4.614	16601280.6	0.000277322	0.00112	0.24748	1631409.0	6.2376E-06
12	8.068E-07	4.614	4067518.2	0.000277322	0.00112	0.24748	1415223.6	2.0309E-06
Promedio								3.7140E-06

MOLINO 2 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	44	25	34.50000	307.65000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
2	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
5	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
6	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
7	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
8	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
9	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
10	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
11	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
12	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 2 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.291E-07	2.788	2655917.0	0.000331151	0.00081	0.41063	1569990.2	1.0775E-06
2	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000331151	0.00081	0.41063	1389635.4	3.8422E-07
3	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000331151	0.00081	0.41063	1389635.4	3.3620E-07
4	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.000331151	0.00081	0.41063	1539176.7	9.4028E-07
5	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000331151	0.00081	0.41063	1449283.5	6.1222E-07
6	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000331151	0.00081	0.41063	1449283.5	5.6120E-07
7	8.576E-07	2.788	321036.6	0.000331151	0.00081	0.41063	1334788.7	1.8019E-07
8	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000331151	0.00081	0.41063	1418820.7	4.4570E-07
9	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000331151	0.00081	0.41063	1418820.7	4.4570E-07
10	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000331151	0.00081	0.41063	1418820.7	4.4570E-07
11	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000331151	0.00081	0.41063	1361648.8	2.7922E-07
12	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000331151	0.00081	0.41063	1449283.5	5.6120E-07
Promedio								5.2244E-07

MOLINO 2 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
2	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
3	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04

MOLINO 2 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
5	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
6	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
7	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
8	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
9	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
11	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
12	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04

MOLINO 2 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1247969.4	7.5686E-07
2	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1247969.4	7.5686E-07
3	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000285152	0.00081	0.35359	1196606.7	5.1818E-07
4	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1196606.7	4.5341E-07
5	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1196606.7	4.5341E-07
6	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1196606.7	4.5341E-07
7	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1275374.5	9.9157E-07
8	8.576E-07	2.788	321036.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1149378.6	2.4301E-07
9	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000285152	0.00081	0.35359	1172507.7	3.7657E-07
10	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000285152	0.00081	0.35359	1172507.7	3.7657E-07
11	8.406E-07	2.788	431414.3	0.000285152	0.00081	0.35359	1172507.7	3.1381E-07
12	8.576E-07	2.788	321036.6	0.000285152	0.00081	0.35359	1149378.6	2.4301E-07
Promedio								4.9472E-07

MOLINO 2 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
2	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
3	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
4	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
5	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
6	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
7	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
8	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
9	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 2 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
10	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
11	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
12	48	25	36.50000	309.65000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04

MOLINO 2 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.583E-07	3.901	5052046.6	0.000246792	0.00095	0.26044	1339982.4	2.8136E-06
2	8.068E-07	3.901	2459647.2	0.000246792	0.00095	0.26044	1259425.4	1.5507E-06
3	7.728E-07	3.901	4421574.7	0.000246792	0.00095	0.26044	1314716.4	2.5581E-06
4	7.583E-07	3.901	5052046.6	0.000246792	0.00095	0.26044	1339982.4	2.8136E-06
5	7.728E-07	3.901	4105747.9	0.000246792	0.00095	0.26044	1314716.4	2.3754E-06
6	7.898E-07	3.901	3231480.2	0.000246792	0.00095	0.26044	1286465.9	1.9526E-06
7	7.898E-07	3.901	3525251.2	0.000246792	0.00095	0.26044	1286465.9	2.1301E-06
8	7.898E-07	3.901	3525251.2	0.000246792	0.00095	0.26044	1286465.9	2.1301E-06
9	7.898E-07	3.901	3525251.2	0.000246792	0.00095	0.26044	1286465.9	2.1301E-06
10	7.583E-07	3.901	5052046.6	0.000246792	0.00095	0.26044	1339982.4	2.8136E-06
11	7.898E-07	3.901	3231480.2	0.000246792	0.00095	0.26044	1286465.9	1.9526E-06
12	6.999E-07	3.901	10038871.7	0.000246792	0.00095	0.26044	1451811.4	4.7628E-06
Promedio								2.4986E-06

MOLINO 3 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
2	51	25	38.00000	311.15000	9.81	3.696E-04	0.0010074	6.822E-04
3	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
4	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
5	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
6	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
7	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
8	0	0	0.00000	0.00000	0.00	0.000E+00	0.0000000	0.000E+00
9	47	25	36.00000	309.15000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
10	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
11	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04

MOLINO 3 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.898E-07	2.045	507469.3	0.000142341	0.00286	0.04972	128714.5	3.0631E-05
2	6.872E-07	2.045	1731568.5	0.000142341	0.00286	0.04972	147924.4	7.9133E-05
3	7.583E-07	2.045	775739.3	0.000142341	0.00286	0.04972	134068.9	4.3158E-05
4	7.898E-07	2.045	507469.3	0.000142341	0.00286	0.04972	128714.5	3.0631E-05
5	7.583E-07	2.045	727255.6	0.000142341	0.00286	0.04972	134068.9	4.0460E-05
6	7.898E-07	2.045	465180.2	0.000142341	0.00286	0.04972	128714.5	2.8078E-05
7	7.898E-07	2.045	507469.3	0.000142341	0.00286	0.04972	128714.5	3.0631E-05
8	0.000E+00	0.000	0.0	0.0000000	0.00000	0.00000	0.0	0.0000E+00
9	7.145E-07	2.045	1295000.3	0.000142341	0.00286	0.04972	142285.5	6.3966E-05
10	8.068E-07	2.045	354072.8	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.2299E-05
11	8.068E-07	2.045	354072.8	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.2299E-05
12	8.406E-07	2.045	204302.3	0.000142341	0.00286	0.04972	120931.4	1.3970E-05
Promedio								3.6841E-05

MOLINO 3 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	28	25	26.50000	299.65000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
2	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
3	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
4	44	25	34.50000	307.65000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
5	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
6	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
7	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
8	0	0	0.00000	0.00000	0.00	0.000E+00	0.0000000	0.000E+00
9	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
11	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
12	56	25	40.50000	313.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 3 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.576E-07	2.045	95019.6	2.1299E-05	0.00286	0.00744	17738.5	3.0198E-04
2	8.576E-07	2.045	126692.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	17738.5	4.0264E-04
3	7.898E-07	2.045	465180.2	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19260.0	1.2540E-03
4	7.291E-07	2.045	1048122.2	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20864.1	2.4078E-03
5	8.237E-07	2.045	256207.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18467.3	7.5125E-04

MOLINO 3 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
6	8.237E-07	2.045	256207.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18467.3	7.5125E-04
7	7.583E-07	2.045	775739.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20061.2	1.9275E-03
8	0.000E+00	0.000	0.0	0.0000000	0.00000	0.00000	0.0	0.0000E+00
9	8.237E-07	2.045	292808.9	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18467.3	8.5857E-04
10	7.728E-07	2.045	591033.4	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.5256E-03
11	7.583E-07	2.045	775739.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20061.2	1.9275E-03
12	7.898E-07	2.045	1310962.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19260.0	3.5341E-03
Promedio								1.4220E-03

MOLINO 3 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	48	25	36.50000	309.65000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
2	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
4	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
6	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
7	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
8	0	0	0.00000	0.00000	0.00	0.000E+00	0.0000000	0.000E+00
9	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	47	25	36.00000	309.15000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
11	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 3 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	6.999E-07	2.100	1565574.4	0.000148873	0.00286	0.05200	156032.5	6.4305E-05
2	8.237E-07	2.100	317214.8	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.8049E-05
3	7.898E-07	2.100	549767.2	0.000148873	0.00286	0.05200	138262.1	2.8759E-05
4	8.237E-07	2.100	277562.9	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.5793E-05
5	8.237E-07	2.100	317214.8	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.8049E-05
6	8.237E-07	2.100	317214.8	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.8049E-05
7	8.406E-07	2.100	221331.0	0.000148873	0.00286	0.05200	129901.7	1.3116E-05
8	0.000E+00	0.000	0.0	0.0000000	0.00000	0.00000	0.0	0.0000E+00
9	8.237E-07	2.100	277562.9	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.5793E-05
10	7.145E-07	2.100	1402939.6	0.000148873	0.00286	0.05200	152839.8	6.0057E-05

MOLINO 3 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
11	8.068E-07	2.100	426205.6	0.000148873	0.00286	0.05200	135355.9	2.3263E-05
12	7.898E-07	2.100	503953.3	0.000148873	0.00286	0.05200	138262.1	2.6362E-05
Promedio								2.7418E-05

MOLINO 4 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
2	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
6	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
7	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
8	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
9	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
11	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
12	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04

MOLINO 4 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.406E-07	2.045	204302.3	0.000142341	0.00286	0.04972	120931.4	1.3970E-05
2	8.237E-07	2.045	256207.8	0.000142341	0.00286	0.04972	123417.0	1.6821E-05
3	8.237E-07	2.045	256207.8	0.000142341	0.00286	0.04972	123417.0	1.6821E-05
4	8.237E-07	2.045	292808.9	0.000142341	0.00286	0.04972	123417.0	1.9224E-05
5	8.068E-07	2.045	354072.8	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.2299E-05
6	8.068E-07	2.045	354072.8	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.2299E-05
7	8.237E-07	2.045	256207.8	0.000142341	0.00286	0.04972	123417.0	1.6821E-05
8	8.068E-07	2.045	354072.8	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.2299E-05
9	8.406E-07	2.045	204302.3	0.000142341	0.00286	0.04972	120931.4	1.3970E-05
10	8.068E-07	2.045	354072.8	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.2299E-05
11	8.237E-07	2.045	256207.8	0.000142341	0.00286	0.04972	123417.0	1.6821E-05
12	8.068E-07	2.045	393414.2	0.000142341	0.00286	0.04972	126009.0	2.4777E-05
Promedio								1.9035E-05

MOLINO 4 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	52	25	38.50000	311.65000	9.81	3.696E-04	0.0010074	6.822E-04
2	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
3	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
5	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
6	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
7	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
8	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
9	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
10	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
11	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04

MOLINO 4 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	6.872E-07	2.045	1798167.3	2.1299E-05	0.00286	0.00744	22134.5	3.6702E-03
2	8.576E-07	2.045	126692.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	17738.5	4.0264E-04
3	8.237E-07	2.045	256207.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18467.3	7.5125E-04
4	7.728E-07	2.045	591033.4	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.5256E-03
5	7.728E-07	2.045	636497.5	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.6429E-03
6	7.583E-07	2.045	824223.0	2.1299E-05	0.00286	0.00744	20061.2	2.0480E-03
7	7.728E-07	2.045	636497.5	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.6429E-03
8	7.728E-07	2.045	591033.4	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.5256E-03
9	8.068E-07	2.045	354072.8	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18855.2	9.9594E-04
10	7.898E-07	2.045	465180.2	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19260.0	1.2540E-03
11	8.068E-07	2.045	393414.2	2.1299E-05	0.00286	0.00744	18855.2	1.1066E-03
12	7.728E-07	2.045	591033.4	2.1299E-05	0.00286	0.00744	19683.0	1.5256E-03
Promedio								1.5076E-03

MOLINO 4 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
2	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
4	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04

MOLINO 4 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
6	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
7	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
8	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
9	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
10	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
11	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
12	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 4 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.898E-07	2.100	549767.2	0.000148873	0.00286	0.05200	138262.1	2.8759E-05
2	8.237E-07	2.100	317214.8	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.8049E-05
3	8.406E-07	2.100	221331.0	0.000148873	0.00286	0.05200	129901.7	1.3116E-05
4	8.237E-07	2.100	277562.9	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.5793E-05
5	8.406E-07	2.100	184442.5	0.000148873	0.00286	0.05200	129901.7	1.0930E-05
6	7.583E-07	2.100	840397.7	0.000148873	0.00286	0.05200	144013.7	4.0521E-05
7	8.237E-07	2.100	317214.8	0.000148873	0.00286	0.05200	132571.6	1.8049E-05
8	7.898E-07	2.100	549767.2	0.000148873	0.00286	0.05200	138262.1	2.8759E-05
9	8.068E-07	2.100	383585.0	0.000148873	0.00286	0.05200	135355.9	2.0937E-05
10	7.728E-07	2.100	640296.4	0.000148873	0.00286	0.05200	141298.3	3.2071E-05
11	7.898E-07	2.100	503953.3	0.000148873	0.00286	0.05200	138262.1	2.6362E-05
12	7.898E-07	2.100	549767.2	0.000148873	0.00286	0.05200	138262.1	2.8759E-05
Promedio								2.3509E-05

MOLINO 5 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
2	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
6	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
7	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
8	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
9	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
10	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04

MOLINO 5 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
11	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
12	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04

MOLINO 5 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000245016	0.00081	0.30382	1007470.6	5.1005E-07
2	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000245016	0.00081	0.30382	1028177.6	6.1413E-07
3	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000245016	0.00081	0.30382	1028177.6	6.1413E-07
4	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000245016	0.00081	0.30382	1028177.6	7.0186E-07
5	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000245016	0.00081	0.30382	1049771.5	8.1415E-07
6	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000245016	0.00081	0.30382	1049771.5	8.1415E-07
7	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000245016	0.00081	0.30382	1028177.6	6.1413E-07
8	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000245016	0.00081	0.30382	1049771.5	8.1415E-07
9	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000245016	0.00081	0.30382	1007470.6	5.1005E-07
10	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000245016	0.00081	0.30382	1049771.5	8.1415E-07
11	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000245016	0.00081	0.30382	1028177.6	6.1413E-07
12	8.068E-07	2.788	996902.3	0.000245016	0.00081	0.30382	1049771.5	9.0461E-07
Promedio								6.9497E-07

MOLINO 5 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	52	25	38.50000	311.65000	9.81	3.773E-04	0.0010078	6.694E-04
2	29	25	27.00000	300.15000	9.81	2.761E-04	0.0010030	8.550E-04
3	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
4	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
5	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
6	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
7	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
8	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
9	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
10	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
11	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04

MOLINO 5 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	6.746E-07	2.788	4831027.7	0.000221684	0.00081	0.27489	1135865.6	3.7444E-06
2	8.576E-07	2.788	321036.6	0.000221684	0.00081	0.27489	893552.3	4.0208E-07
3	8.237E-07	2.788	649224.6	0.000221684	0.00081	0.27489	930268.5	7.5020E-07
4	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.000221684	0.00081	0.27489	991504.3	1.5234E-06
5	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.000221684	0.00081	0.27489	991504.3	1.6406E-06
6	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.000221684	0.00081	0.27489	1030376.5	2.0982E-06
7	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.000221684	0.00081	0.27489	991504.3	1.6406E-06
8	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.000221684	0.00081	0.27489	991504.3	1.5234E-06
9	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000221684	0.00081	0.27489	949806.1	9.9455E-07
10	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000221684	0.00081	0.27489	970198.9	1.2523E-06
11	8.068E-07	2.788	996902.3	0.000221684	0.00081	0.27489	949806.1	1.1051E-06
12	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.000221684	0.00081	0.27489	991504.3	1.5234E-06
Promedio								1.5165E-06

MOLINO 5 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
2	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
3	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
4	32	25	28.50000	301.65000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	30	25	27.50000	300.65000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
6	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
7	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
8	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
9	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
10	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
11	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
12	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 5 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.898E-07	3.695	2995043.9	0.000354528	0.00090	0.39502	1848067.3	8.7694E-07
2	8.237E-07	3.695	1728135.4	0.000354528	0.00090	0.39502	1772006.5	5.5036E-07
3	8.406E-07	3.695	1205776.0	0.000354528	0.00090	0.39502	1736319.1	3.9995E-07
4	8.237E-07	3.695	1512118.5	0.000354528	0.00090	0.39502	1772006.5	4.8157E-07
5	8.406E-07	3.695	1004813.3	0.000354528	0.00090	0.39502	1736319.1	3.3329E-07

MOLINO 5 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
6	7.583E-07	3.695	4578352.3	0.000354528	0.00090	0.39502	1924946.2	1.2356E-06
7	8.237E-07	3.695	1728135.4	0.000354528	0.00090	0.39502	1772006.5	5.5036E-07
8	7.898E-07	3.695	2995043.9	0.000354528	0.00090	0.39502	1848067.3	8.7694E-07
9	8.068E-07	3.695	2089709.7	0.000354528	0.00090	0.39502	1809222.4	6.3841E-07
10	7.728E-07	3.695	3488232.5	0.000354528	0.00090	0.39502	1888650.5	9.7792E-07
11	7.898E-07	3.695	2745456.9	0.000354528	0.00090	0.39502	1848067.3	8.0386E-07
12	7.898E-07	3.695	2995043.9	0.000354528	0.00090	0.39502	1848067.3	8.7694E-07
Promedio								7.1684E-07

MOLINO 6 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	48	25	36.50000	309.65000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
2	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
3	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
4	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
5	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
6	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
7	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
8	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
9	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
10	43	25	34.00000	307.15000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
11	44	25	34.50000	307.65000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04
12	46	25	35.50000	308.65000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04

MOLINO 6 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	6.999E-07	2.788	3661905.9	0.00020614	0.00081	0.25561	1018122.4	3.5327E-06
2	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.00020614	0.00081	0.25561	921980.8	1.7619E-06
3	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.00020614	0.00081	0.25561	958127.3	2.4265E-06
4	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.00020614	0.00081	0.25561	902169.3	1.5799E-06
5	8.237E-07	2.788	741971.0	0.00020614	0.00081	0.25561	865038.8	9.9155E-07
6	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.00020614	0.00081	0.25561	902169.3	1.5799E-06
7	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.00020614	0.00081	0.25561	902169.3	1.4483E-06
8	7.583E-07	2.788	1965705.1	0.00020614	0.00081	0.25561	939699.2	2.2261E-06
9	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.00020614	0.00081	0.25561	921980.8	1.7619E-06
10	7.437E-07	2.788	2358622.9	0.00020614	0.00081	0.25561	958127.3	2.5693E-06

MOLINO 6 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
11	7.291E-07	2.788	2655917.0	0.00020614	0.00081	0.25561	977308.4	2.7807E-06
12	7.145E-07	2.788	3132341.2	0.00020614	0.00081	0.25561	997289.7	3.1494E-06
Promedio								2.1507E-06

MOLINO 6 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Especifico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
2	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
3	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
4	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
5	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
6	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
7	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
8	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
9	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
11	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
12	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04

MOLINO 6 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1164177.0	8.6973E-07
2	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000266006	0.00081	0.32985	1164177.0	9.4880E-07
3	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000266006	0.00081	0.32985	1164177.0	9.4880E-07
4	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000266006	0.00081	0.32985	1116263.0	5.9546E-07
5	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000266006	0.00081	0.32985	1116263.0	5.9546E-07
6	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1164177.0	8.6973E-07
7	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1189742.1	1.0581E-06
8	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1164177.0	8.6973E-07
9	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000266006	0.00081	0.32985	1116263.0	5.9546E-07
10	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.000266006	0.00081	0.32985	1236386.2	1.4572E-06
11	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1189742.1	1.1394E-06
12	7.728E-07	2.788	1497664.6	0.000266006	0.00081	0.32985	1189742.1	1.0581E-06
Promedio								9.1716E-07

MOLINO 6 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
2	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
3	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
4	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
5	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
6	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
7	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
8	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
9	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
10	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
11	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
12	44	25	34.50000	307.65000	9.81	3.454E-04	0.0010062	7.246E-04

MOLINO 6 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.068E-07	3.901	2732941.3	0.000329441	0.00095	0.34765	1681198.8	9.6692E-07
2	8.068E-07	3.901	2459647.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1681198.8	8.7023E-07
3	7.728E-07	3.901	4105747.9	0.000329441	0.00095	0.34765	1755006.4	1.3330E-06
4	8.068E-07	3.901	2459647.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1681198.8	8.7023E-07
5	7.898E-07	3.901	3231480.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1717295.0	1.0958E-06
6	7.898E-07	3.901	3525251.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1717295.0	1.1954E-06
7	7.437E-07	3.901	6106785.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1823811.9	1.8359E-06
8	7.437E-07	3.901	6106785.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1823811.9	1.8359E-06
9	7.437E-07	3.901	6106785.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1823811.9	1.8359E-06
10	7.728E-07	3.901	4421574.7	0.000329441	0.00095	0.34765	1755006.4	1.4356E-06
11	7.437E-07	3.901	6106785.2	0.000329441	0.00095	0.34765	1823811.9	1.8359E-06
12	7.291E-07	3.901	7281019.9	0.000329441	0.00095	0.34765	1860323.5	2.1039E-06
							Promedio	1.4345E-06

MOLINO 7 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	49	25	37.00000	310.15000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
2	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
3	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
4	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
5	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 7 Maza Cañera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
6	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
7	48	25	36.50000	309.65000	9.81	3.619E-04	0.0010070	6.950E-04
8	65	25	45.00000	318.15000	9.81	4.222E-04	0.0010102	5.986E-04
9	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
10	47	25	36.00000	309.15000	9.81	3.536E-04	0.0010066	7.098E-04
11	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
12	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04

MOLINO 7 Maza Cañera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	6.999E-07	2.788	3821119.2	0.000255591	0.00081	0.31693	1262364.3	2.3978E-06
2	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000255591	0.00081	0.31693	1095082.8	7.4817E-07
3	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000255591	0.00081	0.31693	1118594.8	9.4206E-07
4	8.068E-07	2.788	996902.3	0.000255591	0.00081	0.31693	1095082.8	8.3130E-07
5	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000255591	0.00081	0.31693	1118594.8	1.0277E-06
6	7.437E-07	2.788	2227588.3	0.000255591	0.00081	0.31693	1187976.7	1.5784E-06
7	6.999E-07	2.788	3661905.9	0.000255591	0.00081	0.31693	1262364.3	2.2979E-06
8	6.047E-07	2.788	10014853.4	0.000255591	0.00081	0.31693	1461015.8	4.6917E-06
9	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000255591	0.00081	0.31693	1118594.8	1.0277E-06
10	7.145E-07	2.788	3281500.3	0.000255591	0.00081	0.31693	1236534.0	2.1462E-06
11	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000255591	0.00081	0.31693	1095082.8	7.4817E-07
12	7.728E-07	2.788	1612869.6	0.000255591	0.00081	0.31693	1143158.9	1.2342E-06
Promedio								1.6393E-06

MOLINO 7 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	31	25	28.00000	301.15000	9.81	2.850E-04	0.0010034	8.378E-04
2	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
3	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
4	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
5	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
6	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
7	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
8	36	25	30.50000	303.65000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
9	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
10	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04

MOLINO 7 Maza Bagacera								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
11	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
12	35	25	30.00000	303.15000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04

MOLINO 7 Maza Bagacera								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.406E-07	2.788	517697.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1411598.3	2.5981E-07
2	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000343299	0.00081	0.42569	1502447.7	5.2219E-07
3	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000343299	0.00081	0.42569	1502447.7	5.2219E-07
4	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1470867.4	4.1471E-07
5	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1470867.4	4.1471E-07
6	8.068E-07	2.788	897212.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1470867.4	4.1471E-07
7	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000343299	0.00081	0.42569	1440611.5	3.5751E-07
8	7.898E-07	2.788	1178755.6	0.000343299	0.00081	0.42569	1502447.7	5.2219E-07
9	8.237E-07	2.788	741971.0	0.000343299	0.00081	0.42569	1440611.5	3.5751E-07
10	7.898E-07	2.788	1285915.2	0.000343299	0.00081	0.42569	1502447.7	5.6966E-07
11	7.583E-07	2.788	1965705.1	0.000343299	0.00081	0.42569	1564948.9	8.0263E-07
12	8.068E-07	2.788	996902.3	0.000343299	0.00081	0.42569	1470867.4	4.6079E-07
Promedio								4.6822E-07

MOLINO 7 Maza Superior								
Medición No.	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	33	25	29.00000	302.15000	9.81	2.939E-04	0.0010038	8.206E-04
2	34	25	29.50000	302.65000	9.81	3.028E-04	0.0010042	8.034E-04
3	39	25	32.00000	305.15000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
4	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
5	37	25	31.00000	304.15000	9.81	3.117E-04	0.0010046	7.862E-04
6	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
7	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
8	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
9	42	25	33.50000	306.65000	9.81	3.371E-04	0.0010058	7.394E-04
10	38	25	31.50000	304.65000	9.81	3.206E-04	0.0010050	7.690E-04
11	41	25	33.00000	306.15000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04
12	40	25	32.50000	305.65000	9.81	3.289E-04	0.0010054	7.542E-04

MOLINO 7 Maza Superior								
Medición No.	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	8.237E-07	3.901	2034064.1	0.00023865	0.00095	0.25184	1192821.9	1.4296E-06
2	8.068E-07	3.901	2459647.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1217873.7	1.6583E-06
3	7.728E-07	3.901	4421574.7	0.00023865	0.00095	0.25184	1271340.5	2.7356E-06
4	7.728E-07	3.901	4105747.9	0.00023865	0.00095	0.25184	1271340.5	2.5402E-06
5	7.898E-07	3.901	3525251.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1244022.1	2.2779E-06
6	7.583E-07	3.901	5388849.7	0.00023865	0.00095	0.25184	1295772.9	3.2095E-06
7	7.437E-07	3.901	6106785.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1321183.7	3.4985E-06
8	7.437E-07	3.901	6106785.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1321183.7	3.4985E-06
9	7.437E-07	3.901	6106785.2	0.00023865	0.00095	0.25184	1321183.7	3.4985E-06
10	7.728E-07	3.901	4105747.9	0.00023865	0.00095	0.25184	1271340.5	2.5402E-06
11	7.583E-07	3.901	5388849.7	0.00023865	0.00095	0.25184	1295772.9	3.2095E-06
12	7.583E-07	3.901	5052046.6	0.00023865	0.00095	0.25184	1295772.9	3.0089E-06
Promedio								2.7588E-06

C.3. Rapidez de Transferencia de Calor⁴⁰

Para determinar la rapidez de transferencia de calor por convección (q) dentro de la caja de enfriamiento, se utiliza la ecuación de enfriamiento de Newton:

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

donde, h = *Coefficiente de Convección Térmica (W/m² K)*

A = *Área de Contacto (m²)*

T_s = *Temperatura de la Superficie (K)*

T_∞ = *Temperatura del Fluido (K)*

Es necesario para calcular la rapidez de transferencia de calor determinar el coeficiente de convección. Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\overline{h}_L = \frac{k}{L} * \overline{Nu}_L$$

donde, k = *Coefficiente de Conductividad Térmica (W/m K)*

L = *Longitud (m)*

Nu_L = *Número de Nusselt*

El número de Nusselt se determina con la siguiente ecuación, para flujo laminar:

$$\overline{Nu}_L = 0.664 * N_{RL}^{1/2} * Pr^{1/3}$$

donde, N_{RL} = *Número de Reynolds*

Pr = *Número de Prandtl*

⁴⁰ **Nota:** Debido a la ausencia de los valores de los coeficientes y propiedades del agua en Sistema Inglés se utilizó el Sistema Internacional para evitar la conversión de todos los valores. Sin embargo, los resultados se presentan en el Sistema Inglés.

El número de Nusselt se determina con los parámetros:

$$0.6 < Pr < 60$$

$$5 \times 10^5 < N_{RL} \leq 10^8$$

$$A \leq 0.037 * N_R^{(4/5)}$$

correspondientes a un flujo mezclado (laminar-turbulento):

$$\overline{Nu_L} = 0.037 * N_{RL}^{(4/5)} * Pr^{1/3}$$

Los valores para los diferentes cálculos se toman de la Tabla A.2. a la temperatura de la película (T_f).

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

El área superficial de contacto se toma a partir de los planos correspondientes a cada caja de enfriamiento.

Por motivo de espacio, los valores que se utilizan para el cálculo de la rapidez de transferencia de calor son una continuación de la Tabla C.2.a y C.2.b. Los cálculos y datos faltantes se presentan en la Tabla C.3.a. para los molinos del lado espiga y en la Tabla C.3.b. para los molinos del lado Corona. El promedio de los resultados en forma resumida se encuentra en la Tabla 2.16.

La conversión que se utiliza se ejemplifica en la siguiente ecuación:

$$1\text{Watt} = \frac{1\text{BTU}/\text{h}}{0.293\text{Watt}}$$

Tabla C.3.a.*
Rapidez de Transferencia de Calor (Lado Espiga)

MOLINO 1						
Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.704	0.6144	7921.9404	1178.6216	0.199054	1407.6589
2	5.578	0.6158	7992.2029	1191.7847	0.199054	1660.6099
3	5.704	0.6144	7921.9404	1178.6216	0.199054	1173.0491
4	5.988	0.6116	7774.3092	1151.3859	0.199054	458.3769
5	5.704	0.6144	7921.9404	1178.6216	0.199054	1407.6589
6	5.578	0.6158	7992.2029	1191.7847	0.199054	1660.6099
7	5.704	0.6144	7921.9404	1178.6216	0.199054	1173.0491
8	5.704	0.6144	7921.9404	1178.6216	0.199054	1407.6589
9	5.830	0.6130	7853.6674	1165.8015	0.199054	928.2316
10	5.704	0.6144	7921.9404	1178.6216	0.199054	1407.6589
11	5.830	0.6130	7853.6674	1165.8015	0.199054	696.1737
12	5.830	0.6130	7853.6674	1165.8015	0.199054	928.2316
Promedio						1192.4140

MOLINO 1						
Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.326	0.6186	9461.6630	1417.3236	0.199054	3385.4939
2	5.578	0.6158	9290.9032	1385.4449	0.199054	1930.4522
3	5.578	0.6158	9290.9032	1385.4449	0.199054	1930.4522
4	5.704	0.6144	9209.2233	1370.1428	0.199054	1363.6648
5	5.704	0.6144	9209.2233	1370.1428	0.199054	1636.3977
6	5.200	0.6200	9550.9943	1433.9431	0.199054	3710.6247
7	5.704	0.6144	9209.2233	1370.1428	0.199054	1636.3977
8	5.200	0.6200	9550.9943	1433.9431	0.199054	3710.6247
9	5.704	0.6144	9209.2233	1370.1428	0.199054	1363.6648
10	5.830	0.6130	9129.8563	1355.2395	0.199054	1079.0655
11	5.830	0.6130	9129.8563	1355.2395	0.199054	1079.0655
12	5.830	0.6130	9129.8563	1355.2395	0.199054	1079.0655
Promedio						1992.0808

MOLINO 1						
Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.704	0.6144	5328.8279	709.6447	0.215434	764.4068
2	5.830	0.6130	5282.9029	701.9258	0.215434	604.8738

MOLINO 1 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
3	5.830	0.6130	5282.9029	701.9258	0.215434	604.8738
4	5.578	0.6158	5376.0912	717.5702	0.215434	1082.1214
5	5.704	0.6144	5328.8279	709.6447	0.215434	917.2882
6	5.830	0.6130	5282.9029	701.9258	0.215434	604.8738
7	5.704	0.6144	5328.8279	709.6447	0.215434	917.2882
8	5.578	0.6158	5376.0912	717.5702	0.215434	1082.1214
9	5.704	0.6144	5328.8279	709.6447	0.215434	611.5255
10	5.830	0.6130	5282.9029	701.9258	0.215434	604.8738
11	5.830	0.6130	5282.9029	701.9258	0.215434	604.8738
12	5.988	0.6116	5229.5213	693.2462	0.215434	298.6971
Promedio						724.8181

MOLINO 2 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.578	0.6158	5387.0200	1190.0297	0.149675	1424.9389
2	5.704	0.6144	5339.6607	1176.8860	0.149675	1056.9005
3	5.704	0.6144	5339.6607	1176.8860	0.149675	1056.9005
4	5.830	0.6130	5293.6423	1164.0848	0.149675	696.9362
5	5.830	0.6130	5293.6423	1164.0848	0.149675	696.9362
6	5.704	0.6144	5339.6607	1176.8860	0.149675	880.7504
7	5.704	0.6144	5339.6607	1176.8860	0.149675	880.7504
8	5.578	0.6158	5387.0200	1190.0297	0.149675	1246.8215
9	5.578	0.6158	5387.0200	1190.0297	0.149675	1424.9389
10	4.852	0.6248	5669.6928	1270.7792	0.149675	3804.0702
11	5.704	0.6144	5339.6607	1176.8860	0.149675	1233.0505
12	5.326	0.6186	5486.0294	1217.4120	0.149675	2004.3738
Promedio						1367.2807

MOLINO 2 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.200	0.6200	4913.3726	1092.8006	0.149675	2126.3400
2	5.452	0.6172	4822.8396	1067.8206	0.149675	1438.4316
3	5.452	0.6172	4822.8396	1067.8206	0.149675	1438.4316
4	5.326	0.6186	4867.4174	1080.1350	0.149675	1940.0268
5	5.084	0.6216	4951.3926	1104.0987	0.149675	2478.8349
6	5.578	0.6158	4779.5724	1055.8404	0.149675	1106.2283

MOLINO 2 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
7	5.578	0.6158	4779.5724	1055.8404	0.149675	1106.2283
8	5.578	0.6158	4779.5724	1055.8404	0.149675	1106.2283
9	5.704	0.6144	4737.5534	1044.1788	0.149675	781.4358
10	5.578	0.6158	4779.5724	1055.8404	0.149675	1106.2283
11	5.452	0.6172	4822.8396	1067.8206	0.149675	1438.4316
12	5.704	0.6144	4737.5534	1044.1788	0.149675	937.7230
Promedio						1417.0474

MOLINO 2 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.830	0.6130	4812.2760	756.1152	0.157582	476.6008
2	5.704	0.6144	4854.1097	764.4301	0.157582	602.3023
3	5.704	0.6144	4854.1097	764.4301	0.157582	722.7628
4	5.830	0.6130	4812.2760	756.1152	0.157582	357.4506
5	5.830	0.6130	4812.2760	756.1152	0.157582	357.4506
6	5.830	0.6130	4812.2760	756.1152	0.157582	476.6008
7	5.704	0.6144	4854.1097	764.4301	0.157582	722.7628
8	5.704	0.6144	4854.1097	764.4301	0.157582	602.3023
9	5.704	0.6144	4854.1097	764.4301	0.157582	602.3023
10	5.704	0.6144	4854.1097	764.4301	0.157582	722.7628
11	5.578	0.6158	4897.1626	772.9674	0.157582	852.6406
12	5.704	0.6144	4854.1097	764.4301	0.157582	602.3023
Promedio						591.5201

MOLINO 3 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.830	0.6130	411.4662	123.3574	0.257661	127.1374
2	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	290.3853
3	5.704	0.6144	412.5698	123.9707	0.257661	191.6543
4	5.830	0.6130	411.4662	123.3574	0.257661	95.3531
5	5.830	0.6130	411.4662	123.3574	0.257661	127.1374
6	5.578	0.6158	413.6963	124.5925	0.257661	224.7181
7	5.704	0.6144	412.5698	123.9707	0.257661	191.6543
8	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.0000
9	5.704	0.6144	412.5698	123.9707	0.257661	159.7119
10	5.704	0.6144	412.5698	123.9707	0.257661	191.6543

MOLINO 3 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
11	5.704	0.6144	412.5698	123.9707	0.257661	191.6543
12	5.578	0.6158	413.6963	124.5925	0.257661	256.8207
Promedio						186.1710

MOLINO 3 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.736	0.6264	162.7048	49.8451	0.257661	269.7056
2	5.452	0.6172	160.4730	48.4394	0.257661	112.3283
3	5.452	0.6172	160.4730	48.4394	0.257661	112.3283
4	5.704	0.6144	159.5924	47.9550	0.257661	74.1367
5	5.578	0.6158	160.0281	48.1955	0.257661	99.3447
6	4.968	0.6232	162.0408	49.3881	0.257661	216.3314
7	5.578	0.6158	160.0281	48.1955	0.257661	99.3447
8	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.0000
9	5.578	0.6158	160.0281	48.1955	0.257661	86.9266
10	5.084	0.6216	161.7144	49.1621	0.257661	190.0070
11	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	163.9211
12	5.578	0.6158	160.0281	48.1955	0.257661	99.3447
Promedio						138.5199

MOLINO 3 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	3.560	0.2599	450.0228	55.6892	0.257661	717.4467
2	5.830	0.6130	426.4539	124.4839	0.257661	96.2239
3	4.736	0.6264	435.9368	130.0337	0.257661	703.5963
4	5.830	0.6130	426.4539	124.4839	0.257661	128.2985
5	4.736	0.6264	435.9368	130.0337	0.257661	703.5963
6	4.852	0.6248	435.0425	129.4355	0.257661	667.0090
7	4.968	0.6232	434.1579	128.8415	0.257661	564.3559
8	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.0000
9	4.528	0.6292	437.8863	131.1991	0.257661	878.9262
10	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	226.7703
11	5.200	0.6200	432.4185	127.6664	0.257661	460.5248
12	4.736	0.6264	435.9368	130.0337	0.257661	770.6055
Promedio						537.9412

MOLINO 4 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.326	0.6186	416.0212	125.8623	0.257661	356.7276
2	5.084	0.6216	418.0555	127.0912	0.257661	523.9426
3	4.160	0.6340	426.7259	132.3149	0.257661	1159.1401
4	5.326	0.6186	416.0212	125.8623	0.257661	356.7276
5	5.578	0.6158	413.6963	124.5925	0.257661	224.7181
6	4.852	0.6248	419.7530	128.2641	0.257661	627.9241
7	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	290.3853
8	4.528	0.6292	422.4969	130.0117	0.257661	837.4732
9	5.326	0.6186	416.0212	125.8623	0.257661	389.1574
10	4.344	0.6316	424.5717	131.1486	0.257661	979.9633
11	4.852	0.6248	419.7530	128.2641	0.257661	660.9727
12	4.620	0.6280	421.4878	129.4539	0.257661	800.5245
Promedio						600.6380

MOLINO 4 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.084	0.6216	161.7144	49.1621	0.257661	190.0070
2	4.968	0.6232	162.0408	49.3881	0.257661	229.0568
3	4.968	0.6232	162.0408	49.3881	0.257661	216.3314
4	5.326	0.6186	160.9274	48.6867	0.257661	150.5359
5	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	176.5304
6	5.084	0.6216	161.7144	49.1621	0.257661	202.6741
7	5.084	0.6216	161.7144	49.1621	0.257661	202.6741
8	4.968	0.6232	162.0408	49.3881	0.257661	216.3314
9	5.704	0.6144	159.5924	47.9550	0.257661	61.7806
10	4.344	0.6316	164.2350	50.7316	0.257661	379.0744
11	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	176.5304
12	5.084	0.6216	161.7144	49.1621	0.257661	202.6741
Promedio						200.3500

MOLINO 4 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	3.560	0.2599	450.0228	55.6892	0.257661	717.4467
2	5.084	0.6216	433.2832	128.2518	0.257661	528.7274
3	4.968	0.6232	434.1579	128.8415	0.257661	564.3559
4	5.326	0.6186	431.1748	127.0118	0.257661	392.7114

MOLINO 4 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
5	5.084	0.6216	433.2832	128.2518	0.257661	495.6820
6	4.968	0.6232	434.1579	128.8415	0.257661	564.3559
7	5.200	0.6200	432.4185	127.6664	0.257661	460.5248
8	5.200	0.6200	432.4185	127.6664	0.257661	427.6302
9	5.988	0.6116	425.1743	123.8270	0.257661	31.9053
10	4.852	0.6248	435.0425	129.4355	0.257661	633.6585
11	5.084	0.6216	433.2832	128.2518	0.257661	495.6820
12	5.084	0.6216	433.2832	128.2518	0.257661	528.7274
Promedio						486.7840

MOLINO 5 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.160	0.6340	4717.4490	1072.9167	0.149675	5299.4206
2	4.620	0.6280	4529.1333	1020.3385	0.149675	3665.2530
3	4.620	0.6280	4529.1333	1020.3385	0.149675	3665.2530
4	4.968	0.6232	4420.0467	988.1522	0.149675	2514.3238
5	4.968	0.6232	4420.0467	988.1522	0.149675	2514.3238
6	4.968	0.6232	4420.0467	988.1522	0.149675	2662.2252
7	4.620	0.6280	4529.1333	1020.3385	0.149675	3665.2530
8	4.852	0.6248	4455.4682	998.6284	0.149675	2839.9189
9	5.326	0.6186	4311.1382	956.6904	0.149675	1718.3083
10	4.736	0.6264	4491.8173	1009.3537	0.149675	3172.5692
11	4.736	0.6264	4491.8173	1009.3537	0.149675	3172.5692
12	4.852	0.6248	4455.4682	998.6284	0.149675	2989.3883
Promedio						3156.5672

MOLINO 5 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.704	0.6144	3873.2864	853.6903	0.149675	766.6551
2	5.578	0.6158	3907.6400	863.2245	0.149675	1033.6231
3	5.578	0.6158	3907.6400	863.2245	0.149675	1033.6231
4	5.578	0.6158	3907.6400	863.2245	0.149675	904.4202
5	5.704	0.6144	3873.2864	853.6903	0.149675	766.6551
6	5.452	0.6172	3943.0140	873.0192	0.149675	1176.0200
7	5.326	0.6186	3979.4595	883.0871	0.149675	1453.9339
8	5.326	0.6186	3979.4595	883.0871	0.149675	1453.9339

MOLINO 5 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
9	5.578	0.6158	3907.6400	863.2245	0.149675	1033.6231
10	5.326	0.6186	3979.4595	883.0871	0.149675	1453.9339
11	5.452	0.6172	3943.0140	873.0192	0.149675	1306.6889
12	5.704	0.6144	3873.2864	853.6903	0.149675	638.8793
Promedio						1085.1658

MOLINO 5 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.830	0.6130	6429.9285	1066.6924	0.141356	603.1353
2	5.830	0.6130	6429.9285	1066.6924	0.141356	603.1353
3	5.704	0.6144	6485.8247	1078.4227	0.141356	914.6518
4	5.830	0.6130	6429.9285	1066.6924	0.141356	603.1353
5	5.830	0.6130	6429.9285	1066.6924	0.141356	603.1353
6	5.578	0.6158	6543.3498	1090.4667	0.141356	1233.1558
7	5.452	0.6172	6602.5836	1102.8398	0.141356	1403.0414
8	5.704	0.6144	6485.8247	1078.4227	0.141356	914.6518
9	5.578	0.6158	6543.3498	1090.4667	0.141356	1233.1558
10	5.704	0.6144	6485.8247	1078.4227	0.141356	914.6518
11	5.326	0.6186	6663.6117	1115.5581	0.141356	1892.2956
12	5.578	0.6158	6543.3498	1090.4667	0.141356	1079.0113
Promedio						999.7630

MOLINO 6 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.578	0.6158	3686.8575	814.4522	0.149675	853.3202
2	5.704	0.6144	3654.4449	805.4567	0.149675	723.3390
3	5.578	0.6158	3686.8575	814.4522	0.149675	975.2231
4	5.578	0.6158	3686.8575	814.4522	0.149675	975.2231
5	5.452	0.6172	3720.2329	823.6934	0.149675	1109.5747
6	5.200	0.6200	3790.0680	842.9625	0.149675	1766.3823
7	5.200	0.6200	3790.0680	842.9625	0.149675	1766.3823
8	5.326	0.6186	3754.6192	833.1925	0.149675	1496.4942
9	4.968	0.6232	3849.4689	860.5930	0.149675	2318.5621
10	4.968	0.6232	3849.4689	860.5930	0.149675	2189.7531
11	4.736	0.6264	3911.9747	879.0576	0.149675	2763.0265
12	5.326	0.6186	3754.6192	833.1925	0.149675	1496.4942
Promedio						1536.1479

MOLINO 6 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.578	0.6158	4521.0687	998.7352	0.149675	1046.3978
2	5.578	0.6158	4521.0687	998.7352	0.149675	1046.3978
3	5.452	0.6172	4561.9958	1010.0674	0.149675	1360.6339
4	5.578	0.6158	4521.0687	998.7352	0.149675	1195.8832
5	5.704	0.6144	4481.3223	987.7043	0.149675	887.0061
6	5.452	0.6172	4561.9958	1010.0674	0.149675	1360.6339
7	5.452	0.6172	4561.9958	1010.0674	0.149675	1360.6339
8	5.326	0.6186	4604.1626	1021.7158	0.149675	1682.1752
9	5.452	0.6172	4561.9958	1010.0674	0.149675	1360.6339
10	5.200	0.6200	4647.6323	1033.6964	0.149675	2011.3367
11	5.326	0.6186	4604.1626	1021.7158	0.149675	1835.1002
12	5.452	0.6172	4561.9958	1010.0674	0.149675	1360.6339
Promedio						1375.6222

MOLINO 6 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.200	0.6200	6342.9673	1008.0014	0.157582	2064.9582
2	5.830	0.6130	6063.2828	952.6761	0.157582	600.4987
3	5.578	0.6158	6170.2366	973.9092	0.157582	1074.2944
4	5.830	0.6130	6063.2828	952.6761	0.157582	600.4987
5	5.704	0.6144	6115.9917	963.1525	0.157582	758.8778
6	5.704	0.6144	6115.9917	963.1525	0.157582	758.8778
7	5.326	0.6186	6283.6410	996.3186	0.157582	1727.0214
8	5.704	0.6144	6115.9917	963.1525	0.157582	910.6534
9	5.578	0.6158	6170.2366	973.9092	0.157582	1074.2944
10	5.704	0.6144	6115.9917	963.1525	0.157582	910.6534
11	5.452	0.6172	6226.0929	984.9597	0.157582	1552.1199
12	5.452	0.6172	6226.0929	984.9597	0.157582	1552.1199
Promedio						1132.0723

MOLINO 7 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.578	0.6158	4378.8909	967.3271	0.149675	1158.2752
2	5.578	0.6158	4378.8909	967.3271	0.149675	1158.2752
3	5.578	0.6158	4378.8909	967.3271	0.149675	1158.2752

MOLINO 7 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
4	5.578	0.6158	4378.8909	967.3271	0.149675	1013.4908
5	5.704	0.6144	4340.3944	956.6431	0.149675	715.9264
6	4.968	0.6232	4572.0249	1022.1287	0.149675	2753.7627
7	5.200	0.6200	4501.4743	1001.1889	0.149675	2097.9372
8	4.852	0.6248	4608.6642	1032.9651	0.149675	2937.5662
9	4.968	0.6232	4572.0249	1022.1287	0.149675	2600.7759
10	5.326	0.6186	4459.3716	989.5851	0.149675	1629.2744
11	5.200	0.6200	4501.4743	1001.1889	0.149675	2097.9372
12	5.326	0.6186	4459.3716	989.5851	0.149675	1777.3903
Promedio						1758.2406

MOLINO 7 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.704	0.6144	5495.7942	1211.2986	0.149675	1087.8046
2	5.326	0.6186	5646.4428	1253.0096	0.149675	2062.9823
3	5.452	0.6172	5594.7304	1238.7242	0.149675	1668.6512
4	5.452	0.6172	5594.7304	1238.7242	0.149675	1854.0569
5	5.326	0.6186	5646.4428	1253.0096	0.149675	2250.5262
6	5.326	0.6186	5646.4428	1253.0096	0.149675	2250.5262
7	5.326	0.6186	5646.4428	1253.0096	0.149675	2250.5262
8	4.968	0.6232	5789.0840	1294.2162	0.149675	3293.0945
9	5.084	0.6216	5743.8581	1280.8087	0.149675	3067.2747
10	5.084	0.6216	5743.8581	1280.8087	0.149675	3067.2747
11	5.200	0.6200	5699.7531	1267.7023	0.149675	2656.4017
12	5.200	0.6200	5699.7531	1267.7023	0.149675	2656.4017
Promedio						2347.1267

MOLINO 7 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.830	0.6130	4684.8358	736.0915	0.157582	347.9845
2	5.578	0.6158	4767.4744	752.4974	0.157582	830.0607
3	5.578	0.6158	4767.4744	752.4974	0.157582	830.0607
4	5.704	0.6144	4725.5617	744.1862	0.157582	703.6224
5	5.578	0.6158	4767.4744	752.4974	0.157582	830.0607
6	5.578	0.6158	4767.4744	752.4974	0.157582	830.0607
7	5.200	0.6200	4900.9359	778.8390	0.157582	1595.5037

MOLINO 7 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
8	5.578	0.6158	4767.4744	752.4974	0.157582	830.0607
9	5.326	0.6186	4855.0970	769.8122	0.157582	1455.7031
10	5.326	0.6186	4855.0970	769.8122	0.157582	1334.3945
11	5.326	0.6186	4855.0970	769.8122	0.157582	1334.3945
12	5.326	0.6186	4855.0970	769.8122	0.157582	1334.3945
Promedio						1021.3584

* Continuación de la Tabla C.2.a.

**Tabla C.3.b.*
Rapidez de Transferencia de Calor (Lado Coronas)**

MOLINO 1 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.200	0.6200	8215.9380	1233.5038	0.199054	3437.4808
2	5.326	0.6186	8139.0936	1219.2074	0.199054	2912.2631
3	5.200	0.6200	8215.9380	1233.5038	0.199054	3191.9464
4	5.578	0.6158	7992.2029	1191.7847	0.199054	1660.6099
5	5.452	0.6172	8064.5525	1205.3074	0.199054	2159.2956
6	5.452	0.6172	8064.5525	1205.3074	0.199054	2399.2173
7	5.578	0.6158	7992.2029	1191.7847	0.199054	1660.6099
8	5.200	0.6200	8215.9380	1233.5038	0.199054	3191.9464
9	5.704	0.6144	7921.9404	1178.6216	0.199054	1407.6589
10	5.200	0.6200	8215.9380	1233.5038	0.199054	3437.4808
11	5.326	0.6186	8139.0936	1219.2074	0.199054	2669.5745
12	4.968	0.6232	8344.7044	1259.3024	0.199054	4512.0542
Promedio						2720.0115

MOLINO 1 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.578	0.6158	9290.9032	1385.4449	0.199054	1930.4522
2	4.736	0.6264	9858.1999	1495.3436	0.199054	6250.7491
3	5.200	0.6200	9550.9943	1433.9431	0.199054	3996.0573
4	5.326	0.6186	9461.6630	1417.3236	0.199054	3103.3694
5	5.452	0.6172	9375.0093	1401.1649	0.199054	2789.0803
6	5.084	0.6216	9624.9005	1448.7681	0.199054	4614.1386
7	4.620	0.6280	9940.0972	1511.6175	0.199054	6920.5644

MOLINO 1 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
8	4.620	0.6280	9940.0972	1511.6175	0.199054	7221.4585
9	5.578	0.6158	9290.9032	1385.4449	0.199054	2206.2311
10	5.452	0.6172	9375.0093	1401.1649	0.199054	2789.0803
11	5.452	0.6172	9375.0093	1401.1649	0.199054	2789.0803
12	5.200	0.6200	9550.9943	1433.9431	0.199054	3710.6247
Promedio						4026.7405

MOLINO 1 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.968	0.6232	5613.2074	758.2224	0.215434	2776.8927
2	5.200	0.6200	5526.5904	742.6891	0.215434	2240.0033
3	5.326	0.6186	5474.8997	734.0813	0.215434	1897.7499
4	5.326	0.6186	5474.8997	734.0813	0.215434	1739.6041
5	5.326	0.6186	5474.8997	734.0813	0.215434	1897.7499
6	4.968	0.6232	5613.2074	758.2224	0.215434	2776.8927
7	5.452	0.6172	5424.7584	725.7121	0.215434	1407.0855
8	4.436	0.6304	5843.5830	798.4606	0.215434	4644.4130
9	5.452	0.6172	5424.7584	725.7121	0.215434	1407.0855
10	4.968	0.6232	5613.2074	758.2224	0.215434	2940.2393
11	4.620	0.6280	5751.7410	782.9194	0.215434	3879.3454
12	5.452	0.6172	5424.7584	725.7121	0.215434	1407.0855
Promedio						2417.8456

MOLINO 2 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.852	0.6248	5669.6928	1270.7792	0.149675	3613.8667
2	5.578	0.6158	5387.0200	1190.0297	0.149675	1424.9389
3	5.578	0.6158	5387.0200	1190.0297	0.149675	1246.8215
4	4.968	0.6232	5624.6182	1257.4480	0.149675	3199.5389
5	5.326	0.6186	5486.0294	1217.4120	0.149675	2186.5896
6	5.326	0.6186	5486.0294	1217.4120	0.149675	2004.3738
7	5.830	0.6130	5293.6423	1164.0848	0.149675	696.9362
8	5.452	0.6172	5435.7861	1203.5325	0.149675	1621.2454
9	5.452	0.6172	5435.7861	1203.5325	0.149675	1621.2454
10	5.452	0.6172	5435.7861	1203.5325	0.149675	1621.2454
11	5.704	0.6144	5339.6607	1176.8860	0.149675	1056.9005

MOLINO 2						
Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
12	5.326	0.6186	5486.0294	1217.4120	0.149675	2004.3738
Promedio						1858.1730

MOLINO 2						
Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.326	0.6186	4867.4174	1080.1350	0.149675	1778.3579
2	5.326	0.6186	4867.4174	1080.1350	0.149675	1778.3579
3	5.578	0.6158	4779.5724	1055.8404	0.149675	1264.2609
4	5.578	0.6158	4779.5724	1055.8404	0.149675	1106.2283
5	5.578	0.6158	4779.5724	1055.8404	0.149675	1106.2283
6	5.578	0.6158	4779.5724	1055.8404	0.149675	1106.2283
7	5.200	0.6200	4913.3726	1092.8006	0.149675	2289.9047
8	5.830	0.6130	4696.7242	1032.8210	0.149675	618.3488
9	5.704	0.6144	4737.5534	1044.1788	0.149675	937.7230
10	5.704	0.6144	4737.5534	1044.1788	0.149675	937.7230
11	5.704	0.6144	4737.5534	1044.1788	0.149675	781.4358
12	5.830	0.6130	4696.7242	1032.8210	0.149675	618.3488
Promedio						1193.5954

MOLINO 2						
Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.084	0.6216	5073.2099	808.2967	0.157582	1910.5959
2	5.452	0.6172	4941.4943	781.7379	0.157582	1108.6909
3	5.200	0.6200	5034.2546	800.0255	0.157582	1764.9754
4	5.084	0.6216	5073.2099	808.2967	0.157582	1910.5959
5	5.200	0.6200	5034.2546	800.0255	0.157582	1638.9057
6	5.326	0.6186	4987.1688	790.7532	0.157582	1370.6937
7	5.326	0.6186	4987.1688	790.7532	0.157582	1495.3022
8	5.326	0.6186	4987.1688	790.7532	0.157582	1495.3022
9	5.326	0.6186	4987.1688	790.7532	0.157582	1495.3022
10	5.084	0.6216	5073.2099	808.2967	0.157582	1910.5959
11	5.326	0.6186	4987.1688	790.7532	0.157582	1370.6937
12	4.620	0.6280	5239.3477	843.3616	0.157582	3056.6692
Promedio						1710.6936

MOLINO 3 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.326	0.6186	416.0212	125.8623	0.257661	389.1574
2	4.528	0.6292	422.4969	130.0117	0.257661	870.9721
3	5.084	0.6216	418.0555	127.0912	0.257661	523.9426
4	5.326	0.6186	416.0212	125.8623	0.257661	389.1574
5	5.084	0.6216	418.0555	127.0912	0.257661	491.1962
6	5.326	0.6186	416.0212	125.8623	0.257661	356.7276
7	5.326	0.6186	416.0212	125.8623	0.257661	389.1574
8	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.0000
9	4.736	0.6264	420.6158	128.8569	0.257661	730.4303
10	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	290.3853
11	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	290.3853
12	5.704	0.6144	412.5698	123.9707	0.257661	191.6543
Promedio						446.6514

MOLINO 3 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.830	0.6130	159.1654	47.7177	0.257661	36.8850
2	5.830	0.6130	159.1654	47.7177	0.257661	49.1799
3	5.326	0.6186	160.9274	48.6867	0.257661	137.9912
4	4.852	0.6248	162.3710	49.6158	0.257661	242.8968
5	5.578	0.6158	160.0281	48.1955	0.257661	86.9266
6	5.578	0.6158	160.0281	48.1955	0.257661	86.9266
7	5.084	0.6216	161.7144	49.1621	0.257661	202.6741
8	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.0000
9	5.578	0.6158	160.0281	48.1955	0.257661	99.3447
10	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	163.9211
11	5.084	0.6216	161.7144	49.1621	0.257661	202.6741
12	5.326	0.6186	160.9274	48.6867	0.257661	388.8843
Promedio						154.3913

MOLINO 3 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.620	0.6280	436.8405	130.6361	0.257661	774.1754
2	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	259.1661
3	5.326	0.6186	431.1748	127.0118	0.257661	392.7114
4	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	226.7703

MOLINO 3 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
5	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	259.1661
6	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	259.1661
7	5.704	0.6144	427.5977	125.1029	0.257661	193.4046
8	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000	0.0000
9	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	226.7703
10	4.736	0.6264	435.9368	130.0337	0.257661	737.1009
11	5.452	0.6172	429.9573	126.3665	0.257661	325.5969
12	5.326	0.6186	431.1748	127.0118	0.257661	359.9854
Promedio						364.9103

MOLINO 4 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.704	0.6144	412.5698	123.9707	0.257661	191.6543
2	5.578	0.6158	413.6963	124.5925	0.257661	224.7181
3	5.578	0.6158	413.6963	124.5925	0.257661	224.7181
4	5.578	0.6158	413.6963	124.5925	0.257661	256.8207
5	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	290.3853
6	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	290.3853
7	5.578	0.6158	413.6963	124.5925	0.257661	224.7181
8	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	290.3853
9	5.704	0.6144	412.5698	123.9707	0.257661	191.6543
10	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	290.3853
11	5.578	0.6158	413.6963	124.5925	0.257661	224.7181
12	5.452	0.6172	414.8465	125.2229	0.257661	322.6503
Promedio						251.9328

MOLINO 4 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.528	0.6292	163.4324	50.2918	0.257661	349.8721
2	5.830	0.6130	159.1654	47.7177	0.257661	49.1799
3	5.578	0.6158	160.0281	48.1955	0.257661	86.9266
4	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	163.9211
5	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	176.5304
6	5.084	0.6216	161.7144	49.1621	0.257661	215.3413
7	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	176.5304
8	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	163.9211

MOLINO 4						
Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
9	5.452	0.6172	160.4730	48.4394	0.257661	112.3283
10	5.326	0.6186	160.9274	48.6867	0.257661	137.9912
11	5.452	0.6172	160.4730	48.4394	0.257661	124.8092
12	5.200	0.6200	161.3916	48.9377	0.257661	163.9211
Promedio						160.1061

MOLINO 4						
Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.326	0.6186	431.1748	127.0118	0.257661	392.7114
2	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	259.1661
3	5.704	0.6144	427.5977	125.1029	0.257661	193.4046
4	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	226.7703
5	5.704	0.6144	427.5977	125.1029	0.257661	161.1705
6	5.084	0.6216	433.2832	128.2518	0.257661	528.7274
7	5.578	0.6158	428.7652	125.7303	0.257661	259.1661
8	5.326	0.6186	431.1748	127.0118	0.257661	392.7114
9	5.452	0.6172	429.9573	126.3665	0.257661	293.0372
10	5.200	0.6200	432.4185	127.6664	0.257661	427.6302
11	5.326	0.6186	431.1748	127.0118	0.257661	359.9854
12	5.326	0.6186	431.1748	127.0118	0.257661	392.7114
Promedio						323.9327

MOLINO 5						
Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.704	0.6144	4196.1159	924.8434	0.149675	830.5541
2	5.578	0.6158	4233.3327	935.1723	0.149675	979.8015
3	5.578	0.6158	4233.3327	935.1723	0.149675	979.8015
4	5.578	0.6158	4233.3327	935.1723	0.149675	1119.7731
5	5.452	0.6172	4271.6550	945.7833	0.149675	1274.0386
6	5.452	0.6172	4271.6550	945.7833	0.149675	1274.0386
7	5.578	0.6158	4233.3327	935.1723	0.149675	979.8015
8	5.452	0.6172	4271.6550	945.7833	0.149675	1274.0386
9	5.704	0.6144	4196.1159	924.8434	0.149675	830.5541
10	5.452	0.6172	4271.6550	945.7833	0.149675	1274.0386
11	5.578	0.6158	4233.3327	935.1723	0.149675	979.8015
12	5.452	0.6172	4271.6550	945.7833	0.149675	1415.5984
Promedio						1100.9867

MOLINO 5 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.436	0.6304	4247.4388	960.5343	0.149675	3881.7278
2	5.830	0.6130	3839.9056	844.4046	0.149675	505.5440
3	5.578	0.6158	3907.6400	863.2245	0.149675	904.4202
4	5.200	0.6200	4017.0311	893.4421	0.149675	1738.4340
5	5.200	0.6200	4017.0311	893.4421	0.149675	1872.1597
6	4.968	0.6232	4079.9891	912.1284	0.149675	2320.8835
7	5.200	0.6200	4017.0311	893.4421	0.149675	1872.1597
8	5.200	0.6200	4017.0311	893.4421	0.149675	1738.4340
9	5.452	0.6172	3943.0140	873.0192	0.149675	1176.0200
10	5.326	0.6186	3979.4595	883.0871	0.149675	1453.9339
11	5.452	0.6172	3943.0140	873.0192	0.149675	1306.6889
12	5.200	0.6200	4017.0311	893.4421	0.149675	1738.4340
Promedio						1709.0700

MOLINO 5 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.326	0.6186	6663.6117	1115.5581	0.141356	1892.2956
2	5.578	0.6158	6543.3498	1090.4667	0.141356	1233.1558
3	5.704	0.6144	6485.8247	1078.4227	0.141356	914.6518
4	5.578	0.6158	6543.3498	1090.4667	0.141356	1079.0113
5	5.704	0.6144	6485.8247	1078.4227	0.141356	762.2099
6	5.084	0.6216	6778.5757	1140.3077	0.141356	2579.0370
7	5.578	0.6158	6543.3498	1090.4667	0.141356	1233.1558
8	5.326	0.6186	6663.6117	1115.5581	0.141356	1892.2956
9	5.452	0.6172	6602.5836	1102.8398	0.141356	1403.0414
10	5.200	0.6200	6726.5255	1128.6391	0.141356	2074.0249
11	5.326	0.6186	6663.6117	1115.5581	0.141356	1734.6043
12	5.326	0.6186	6663.6117	1115.5581	0.141356	1892.2956
Promedio						1557.4816

MOLINO 6 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.620	0.6280	3944.4736	888.6244	0.149675	3059.1058
2	5.200	0.6200	3790.0680	842.9625	0.149675	1640.2121
3	4.968	0.6232	3849.4689	860.5930	0.149675	2189.7531

MOLINO 6 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
4	5.326	0.6186	3754.6192	833.1925	0.149675	1496.4942
5	5.578	0.6158	3686.8575	814.4522	0.149675	975.2231
6	5.326	0.6186	3754.6192	833.1925	0.149675	1496.4942
7	5.326	0.6186	3754.6192	833.1925	0.149675	1371.7863
8	5.084	0.6216	3819.3958	851.6776	0.149675	2039.5935
9	5.200	0.6200	3790.0680	842.9625	0.149675	1640.2121
10	4.968	0.6232	3849.4689	860.5930	0.149675	2318.5621
11	4.852	0.6248	3880.3178	869.7168	0.149675	2473.3176
12	4.736	0.6264	3911.9747	879.0576	0.149675	2763.0265
Promedio						1955.3151

MOLINO 6 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.326	0.6186	4604.1626	1021.7158	0.149675	1682.1752
2	5.326	0.6186	4604.1626	1021.7158	0.149675	1835.1002
3	5.326	0.6186	4604.1626	1021.7158	0.149675	1835.1002
4	5.578	0.6158	4521.0687	998.7352	0.149675	1195.8832
5	5.578	0.6158	4521.0687	998.7352	0.149675	1195.8832
6	5.326	0.6186	4604.1626	1021.7158	0.149675	1682.1752
7	5.200	0.6200	4647.6323	1033.6964	0.149675	2011.3367
8	5.326	0.6186	4604.1626	1021.7158	0.149675	1682.1752
9	5.578	0.6158	4521.0687	998.7352	0.149675	1195.8832
10	4.968	0.6232	4720.4735	1055.3161	0.149675	2685.2202
11	5.200	0.6200	4647.6323	1033.6964	0.149675	2166.0549
12	5.200	0.6200	4647.6323	1033.6964	0.149675	2011.3367
Promedio						1764.8603

MOLINO 6 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.452	0.6172	6226.0929	984.9597	0.157582	1552.1199
2	5.452	0.6172	6226.0929	984.9597	0.157582	1396.9079
3	5.200	0.6200	6342.9673	1008.0014	0.157582	2064.9582
4	5.452	0.6172	6226.0929	984.9597	0.157582	1396.9079
5	5.326	0.6186	6283.6410	996.3186	0.157582	1727.0214
6	5.326	0.6186	6283.6410	996.3186	0.157582	1884.0233
7	4.968	0.6232	6442.3791	1029.0837	0.157582	2756.8072

MOLINO 6 Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
8	4.968	0.6232	6442.3791	1029.0837	0.157582	2756.8072
9	4.968	0.6232	6442.3791	1029.0837	0.157582	2756.8072
10	5.200	0.6200	6342.9673	1008.0014	0.157582	2223.8011
11	4.968	0.6232	6442.3791	1029.0837	0.157582	2756.8072
12	4.852	0.6248	6494.0072	1039.9938	0.157582	3113.8030
Promedio						2198.8976

MOLINO 7 Maza Cañera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	4.620	0.6280	4684.8622	1055.4217	0.149675	3791.2785
2	5.452	0.6172	4418.5309	978.3029	0.149675	1317.8449
3	5.326	0.6186	4459.3716	989.5851	0.149675	1629.2744
4	5.452	0.6172	4418.5309	978.3029	0.149675	1464.2721
5	5.326	0.6186	4459.3716	989.5851	0.149675	1777.3903
6	4.968	0.6232	4572.0249	1022.1287	0.149675	2600.7759
7	4.620	0.6280	4684.8622	1055.4217	0.149675	3633.3085
8	3.926	0.6376	4987.8007	1140.8458	0.149675	6830.2306
9	5.326	0.6186	4459.3716	989.5851	0.149675	1777.3903
10	4.736	0.6264	4646.2632	1044.0592	0.149675	3437.9236
11	5.452	0.6172	4418.5309	978.3029	0.149675	1317.8449
12	5.200	0.6200	4501.4743	1001.1889	0.149675	2097.9372
Promedio						2639.6226

MOLINO 7 Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.704	0.6144	5495.7942	1211.2986	0.149675	1087.8046
2	5.326	0.6186	5646.4428	1253.0096	0.149675	2062.9823
3	5.326	0.6186	5646.4428	1253.0096	0.149675	2062.9823
4	5.452	0.6172	5594.7304	1238.7242	0.149675	1668.6512
5	5.452	0.6172	5594.7304	1238.7242	0.149675	1668.6512
6	5.452	0.6172	5594.7304	1238.7242	0.149675	1668.6512
7	5.578	0.6158	5544.5383	1224.8266	0.149675	1466.6046
8	5.326	0.6186	5646.4428	1253.0096	0.149675	2062.9823
9	5.578	0.6158	5544.5383	1224.8266	0.149675	1466.6046
10	5.326	0.6186	5646.4428	1253.0096	0.149675	2250.5262
11	5.084	0.6216	5743.8581	1280.8087	0.149675	3067.2747

MOLINO 7						
Maza Bagacera						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
12	5.452	0.6172	5594.7304	1238.7242	0.149675	1854.0569
Promedio						1865.6477

MOLINO 7						
Maza Superior						
Medición No.	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	5.578	0.6158	4767.4744	752.4974	0.157582	948.6408
2	5.452	0.6172	4810.6321	761.0357	0.157582	1079.3302
3	5.200	0.6200	4900.9359	778.8390	0.157582	1718.2347
4	5.200	0.6200	4900.9359	778.8390	0.157582	1595.5037
5	5.326	0.6186	4855.0970	769.8122	0.157582	1455.7031
6	5.084	0.6216	4938.8596	786.8911	0.157582	1983.9989
7	4.968	0.6232	4977.7471	795.1284	0.157582	2130.0654
8	4.968	0.6232	4977.7471	795.1284	0.157582	2130.0654
9	4.968	0.6232	4977.7471	795.1284	0.157582	2130.0654
10	5.200	0.6200	4900.9359	778.8390	0.157582	1595.5037
11	5.084	0.6216	4938.8596	786.8911	0.157582	1983.9989
12	5.084	0.6216	4938.8596	786.8911	0.157582	1859.9989
Promedio						1717.5924

* Continuación de la Tabla C.2.b.

C.4. Calor absorbido por el Refrigerante⁴¹

El efecto total de transferencia de calor por convección hacia el refrigerante, resulta en el incremento de la temperatura del fluido.

La temperatura final del fluido se calcula a partir de la ecuación de eficiencia:

$$\varepsilon \equiv \frac{q}{q_{MAX}}$$

donde, $\varepsilon = \text{Eficiencia}$

$q = \text{Rapidez de Transferencia de Calor (real)}$

$q_{MAX} = \text{Rapidez de Transferencia de Calor (máxima)}$

al utilizar el valor de la Tabla 2.20 y calculando el valor de rapidez de transferencia de calor a partir de:

$$q_{MAX} = C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})$$

donde, $C_{min} = \text{Capacitancia Térmica del Fluido (W/K)}_{mínima}$

$T_{h,i} = \text{Temperatura de Entrada del Fluido (K)}$

$T_{c,i} = \text{Temperatura Inicial de la Superficie (K)}$

utilizando la definición de eficiencia tenemos:

$$\varepsilon = \frac{C_c(T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})}$$

donde, $C_c = \text{Capacitancia del Fluido (W/K)}_{más\ frío}$

$T_{h,o} = \text{Temperatura de Salida del Fluido (K)}$

$T_{c,o} = \text{Temperatura Final de la Superficie (K)}$

⁴¹ **Nota:** Debido a la ausencia de los valores de los coeficientes y propiedades del agua en Sistema Inglés se utilizó el Sistema Internacional para evitar la conversión de todos los valores. Sin embargo, los resultados se presentan en el Sistema Inglés.

Se sabe que, $C_{min} = C_c$, obtenemos para la temperatura final, la siguiente ecuación:

$$T_{c,o} = T_{c,i} + \varepsilon(T_{h,i} - T_{c,i})$$

Los cálculos para la temperatura final del refrigerante se presentan en la Tabla C.4.a. para el lado espiga de los molinos y en la Tabla C.4.b. el lado Corona de los molinos. El promedio de los resultados en forma resumida se encuentra en la Tabla 2.17.

Los valores que se utilizan para el cálculo del calor entregado al refrigerante se encuentran en las Tabla C.2. y C.3., la Tabla C.4 es una continuación de las anteriores.

La conversión que se utiliza se ejemplifica en la siguiente ecuación:

$$^{\circ}F = \left(\frac{9}{5} * ^{\circ}C \right) + 32$$

donde, $^{\circ}F$ = Grados Fahrenheit

$^{\circ}C$ = Grados Centígrados

Tabla C.4.a.*
Calor entregado al Refrigerante (Lado Espiga)

MOLINO 1 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua ($^{\circ}C$)	Temperatura Final del Agua ($^{\circ}F$)
1	0.2921	4.1798	0.192191	26.153144	79.075659
2	0.2921	4.1798	0.194337	26.360360	79.448648
3	0.2921	4.1798	0.192191	25.960953	78.729716
4	0.2921	4.1798	0.187750	25.375499	77.675898
5	0.2921	4.1798	0.192191	26.153144	79.075659
6	0.2921	4.1798	0.194337	26.360360	79.448648
7	0.2921	4.1798	0.192191	25.960953	78.729716
8	0.2921	4.1798	0.192191	26.153144	79.075659
9	0.2921	4.1798	0.190100	25.760401	78.368721
10	0.2921	4.1798	0.192191	26.153144	79.075659
11	0.2921	4.1798	0.190100	25.570301	78.026541
12	0.2921	4.1798	0.190100	25.760401	78.368721
Promedio					78.758271

MOLINO 1 Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3525	4.1798	0.191464	27.297571	81.135628
2	0.3525	4.1798	0.187158	26.310104	79.358188
3	0.3525	4.1798	0.187158	26.310104	79.358188
4	0.3525	4.1798	0.185091	25.925453	78.665816
5	0.3525	4.1798	0.185091	26.110544	78.998979
6	0.3525	4.1798	0.193709	27.518221	81.532798
7	0.3525	4.1798	0.185091	26.110544	78.998979
8	0.3525	4.1798	0.193709	27.518221	81.532798
9	0.3525	4.1798	0.185091	25.925453	78.665816
10	0.3525	4.1798	0.183077	25.732310	78.318157
11	0.3525	4.1798	0.183077	25.732310	78.318157
12	0.3525	4.1798	0.183077	25.732310	78.318157
Promedio					79.433472

MOLINO 1 Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2766	4.1798	0.132234	25.661169	78.190104
2	0.2766	4.1798	0.130795	25.523182	77.941728
3	0.2766	4.1798	0.130795	25.523182	77.941728
4	0.2766	4.1798	0.133711	25.935974	78.684754
5	0.2766	4.1798	0.132234	25.793403	78.428125
6	0.2766	4.1798	0.130795	25.523182	77.941728
7	0.2766	4.1798	0.132234	25.793403	78.428125
8	0.2766	4.1798	0.133711	25.935974	78.684754
9	0.2766	4.1798	0.132234	25.528935	77.952084
10	0.2766	4.1798	0.130795	25.523182	77.941728
11	0.2766	4.1798	0.130795	25.523182	77.941728
12	0.2766	4.1798	0.129178	25.258356	77.465041
Promedio					78.128469

MOLINO 2 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3303	4.1798	0.129018	26.032148	78.857866
2	0.3303	4.1798	0.127593	25.765561	78.378010
3	0.3303	4.1798	0.127593	25.765561	78.378010

MOLINO 2					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
4	0.3303	4.1798	0.126206	25.504822	77.908680
5	0.3303	4.1798	0.126206	25.504822	77.908680
6	0.3303	4.1798	0.127593	25.637967	78.148341
7	0.3303	4.1798	0.127593	25.637967	78.148341
8	0.3303	4.1798	0.129018	25.903129	78.625633
9	0.3303	4.1798	0.129018	26.032148	78.857866
10	0.3303	4.1798	0.137773	27.755460	81.959829
11	0.3303	4.1798	0.127593	25.893154	78.607678
12	0.3303	4.1798	0.131987	26.451859	79.613346
Promedio					78.782690

MOLINO 2					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2844	4.1798	0.137589	26.788660	80.219588
2	0.2844	4.1798	0.134444	26.209997	79.177995
3	0.2844	4.1798	0.134444	26.209997	79.177995
4	0.2844	4.1798	0.135995	26.631935	79.937483
5	0.2844	4.1798	0.139012	27.085176	80.753316
6	0.2844	4.1798	0.132936	25.930550	78.674990
7	0.2844	4.1798	0.132936	25.930550	78.674990
8	0.2844	4.1798	0.132936	25.930550	78.674990
9	0.2844	4.1798	0.131467	25.657337	78.183207
10	0.2844	4.1798	0.132936	25.930550	78.674990
11	0.2844	4.1798	0.134444	26.209997	79.177995
12	0.2844	4.1798	0.131467	25.788805	78.419849
Promedio					79.145616

MOLINO 2					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2462	4.1798	0.115807	25.463229	77.833812
2	0.2462	4.1798	0.117081	25.585403	78.053726
3	0.2462	4.1798	0.117081	25.702484	78.264471
4	0.2462	4.1798	0.115807	25.347421	77.625359
5	0.2462	4.1798	0.115807	25.347421	77.625359
6	0.2462	4.1798	0.115807	25.463229	77.833812
7	0.2462	4.1798	0.117081	25.702484	78.264471

MOLINO 2 Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
8	0.2462	4.1798	0.117081	25.585403	78.053726
9	0.2462	4.1798	0.117081	25.585403	78.053726
10	0.2462	4.1798	0.117081	25.702484	78.264471
11	0.2462	4.1798	0.118388	25.828718	78.491692
12	0.2462	4.1798	0.117081	25.585403	78.053726
Promedio					78.034862

MOLINO 3 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.1420	4.1798	0.053562	25.214248	77.385646
2	0.1420	4.1798	0.054372	25.489347	77.880825
3	0.1420	4.1798	0.053828	25.322969	77.581345
4	0.1420	4.1798	0.053562	25.160686	77.289234
5	0.1420	4.1798	0.053562	25.214248	77.385646
6	0.1420	4.1798	0.054098	25.378687	77.681637
7	0.1420	4.1798	0.053828	25.322969	77.581345
8	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.1420	4.1798	0.053828	25.269141	77.484454
10	0.1420	4.1798	0.053828	25.322969	77.581345
11	0.1420	4.1798	0.053828	25.322969	77.581345
12	0.1420	4.1798	0.054098	25.432785	77.779014
Promedio					77.564712

MOLINO 3 Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.0212	4.1798	0.144639	28.037409	82.467335
2	0.0212	4.1798	0.140559	26.265035	79.277062
3	0.0212	4.1798	0.140559	26.265035	79.277062
4	0.0212	4.1798	0.139154	25.834923	78.502862
5	0.0212	4.1798	0.139852	26.118814	79.013865
6	0.0212	4.1798	0.143312	27.436311	81.385360
7	0.0212	4.1798	0.139852	26.118814	79.013865
8	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.0212	4.1798	0.139852	25.978962	78.762132
10	0.0212	4.1798	0.142656	27.139847	80.851725
11	0.0212	4.1798	0.142005	26.846069	80.322925

MOLINO 3					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
12	0.0212	4.1798	0.139852	26.118814	79.013865
Promedio					79.808005

MOLINO 3					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.1485	4.1798	0.023119	26.155969	79.080744
2	0.1485	4.1798	0.051679	25.155038	77.279069
3	0.1485	4.1798	0.053983	26.133653	79.040575
4	0.1485	4.1798	0.051679	25.206718	77.372092
5	0.1485	4.1798	0.053983	26.133653	79.040575
6	0.1485	4.1798	0.053735	26.074702	78.934464
7	0.1485	4.1798	0.053489	25.909305	78.636749
8	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.1485	4.1798	0.054467	26.416149	79.549068
10	0.1485	4.1798	0.052197	25.365378	77.657681
11	0.1485	4.1798	0.053001	25.742009	78.335617
12	0.1485	4.1798	0.053983	26.241619	79.234915
Promedio					78.560141

MOLINO 4					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.1420	4.1798	0.054650	25.601145	78.082061
2	0.1420	4.1798	0.055183	25.882930	78.589274
3	0.1420	4.1798	0.057451	26.953342	80.516016
4	0.1420	4.1798	0.054650	25.601145	78.082061
5	0.1420	4.1798	0.054098	25.378687	77.681637
6	0.1420	4.1798	0.055692	26.058156	78.904680
7	0.1420	4.1798	0.054372	25.489347	77.880825
8	0.1420	4.1798	0.056451	26.411281	79.540305
9	0.1420	4.1798	0.054650	25.655795	78.180430
10	0.1420	4.1798	0.056945	26.651400	79.972520
11	0.1420	4.1798	0.055692	26.113848	79.004927
12	0.1420	4.1798	0.056209	26.349016	79.428229
Promedio					78.821914

MOLINO 4 Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.0212	4.1798	0.142656	27.139847	80.851725
2	0.0212	4.1798	0.143312	27.579624	81.643322
3	0.0212	4.1798	0.143312	27.436311	81.385360
4	0.0212	4.1798	0.141277	26.695326	80.051586
5	0.0212	4.1798	0.142005	26.988075	80.578534
6	0.0212	4.1798	0.142656	27.282504	81.108507
7	0.0212	4.1798	0.142656	27.282504	81.108507
8	0.0212	4.1798	0.143312	27.436311	81.385360
9	0.0212	4.1798	0.139154	25.695769	78.252385
10	0.0212	4.1798	0.147211	29.269113	84.684404
11	0.0212	4.1798	0.142005	26.988075	80.578534
12	0.0212	4.1798	0.142656	27.282504	81.108507
Promedio					81.061394

MOLINO 4 Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.1485	4.1798	0.023119	26.155969	79.080744
2	0.1485	4.1798	0.053244	25.851899	78.533419
3	0.1485	4.1798	0.053489	25.909305	78.636749
4	0.1485	4.1798	0.052729	25.632747	78.138944
5	0.1485	4.1798	0.053244	25.798656	78.437580
6	0.1485	4.1798	0.053489	25.909305	78.636749
7	0.1485	4.1798	0.053001	25.742009	78.335617
8	0.1485	4.1798	0.053001	25.689009	78.240216
9	0.1485	4.1798	0.051407	25.051407	77.092532
10	0.1485	4.1798	0.053735	26.020967	78.837741
11	0.1485	4.1798	0.053244	25.798656	78.437580
12	0.1485	4.1798	0.053244	25.851899	78.533419
Promedio					78.411774

MOLINO 5 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2444	4.1798	0.157215	30.188081	86.338546
2	0.2444	4.1798	0.149510	28.588247	83.458845
3	0.2444	4.1798	0.149510	28.588247	83.458845
4	0.2444	4.1798	0.144794	27.461498	81.430697

MOLINO 5 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
5	0.2444	4.1798	0.144794	27.461498	81.430697
6	0.2444	4.1798	0.144794	27.606293	81.691327
7	0.2444	4.1798	0.149510	28.588247	83.458845
8	0.2444	4.1798	0.146329	27.780253	82.004455
9	0.2444	4.1798	0.140184	26.682207	80.027973
10	0.2444	4.1798	0.147901	28.105914	82.590646
11	0.2444	4.1798	0.147901	28.105914	82.590646
12	0.2444	4.1798	0.146329	27.926582	82.267848
Promedio					82.562447

MOLINO 5 Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2211	4.1798	0.138257	25.829542	78.493175
2	0.2211	4.1798	0.139801	26.118408	79.013135
3	0.2211	4.1798	0.139801	26.118408	79.013135
4	0.2211	4.1798	0.139801	25.978607	78.761493
5	0.2211	4.1798	0.138257	25.829542	78.493175
6	0.2211	4.1798	0.141387	26.272486	79.290474
7	0.2211	4.1798	0.143018	26.573196	79.831753
8	0.2211	4.1798	0.143018	26.573196	79.831753
9	0.2211	4.1798	0.139801	26.118408	79.013135
10	0.2211	4.1798	0.143018	26.573196	79.831753
11	0.2211	4.1798	0.141387	26.413873	79.544971
12	0.2211	4.1798	0.138257	25.691285	78.244313
Promedio					79.113522

MOLINO 5 Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3536	4.1798	0.102018	25.408071	77.734528
2	0.3536	4.1798	0.102018	25.408071	77.734528
3	0.3536	4.1798	0.103140	25.618838	78.113908
4	0.3536	4.1798	0.102018	25.408071	77.734528
5	0.3536	4.1798	0.102018	25.408071	77.734528
6	0.3536	4.1798	0.104292	25.834332	78.501798
7	0.3536	4.1798	0.105475	25.949274	78.708693
8	0.3536	4.1798	0.103140	25.618838	78.113908

MOLINO 5					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
9	0.3536	4.1798	0.104292	25.834332	78.501798
10	0.3536	4.1798	0.103140	25.618838	78.113908
11	0.3536	4.1798	0.106691	26.280295	79.304531
12	0.3536	4.1798	0.104292	25.730041	78.314073
Promedio					78.217561

MOLINO 6					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2056	4.1798	0.141849	25.992940	78.787292
2	0.2056	4.1798	0.140282	25.841691	78.515044
3	0.2056	4.1798	0.141849	26.134789	79.042619
4	0.2056	4.1798	0.141849	26.134789	79.042619
5	0.2056	4.1798	0.143458	26.291123	79.324021
6	0.2056	4.1798	0.146814	27.055397	80.699714
7	0.2056	4.1798	0.146814	27.055397	80.699714
8	0.2056	4.1798	0.145112	26.741350	80.134429
9	0.2056	4.1798	0.149885	27.697924	81.856263
10	0.2056	4.1798	0.149885	27.548039	81.586470
11	0.2056	4.1798	0.153101	28.215111	82.787200
12	0.2056	4.1798	0.145112	26.741350	80.134429
Promedio					80.217485

MOLINO 6					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2653	4.1798	0.134797	25.943576	78.698436
2	0.2653	4.1798	0.134797	25.943576	78.698436
3	0.2653	4.1798	0.136326	26.226934	79.208482
4	0.2653	4.1798	0.134797	26.078372	78.941070
5	0.2653	4.1798	0.133308	25.799846	78.439724
6	0.2653	4.1798	0.136326	26.226934	79.208482
7	0.2653	4.1798	0.136326	26.226934	79.208482
8	0.2653	4.1798	0.137898	26.516880	79.730384
9	0.2653	4.1798	0.136326	26.226934	79.208482
10	0.2653	4.1798	0.139515	26.813697	80.264655
11	0.2653	4.1798	0.137898	26.654778	79.978601
12	0.2653	4.1798	0.136326	26.226934	79.208482
Promedio					79.232809

MOLINO 6 Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3286	4.1798	0.115654	26.503506	79.706312
2	0.3286	4.1798	0.109307	25.437226	77.787007
3	0.3286	4.1798	0.111743	25.782199	78.407958
4	0.3286	4.1798	0.109307	25.437226	77.787007
5	0.3286	4.1798	0.110509	25.552543	77.994577
6	0.3286	4.1798	0.110509	25.552543	77.994577
7	0.3286	4.1798	0.114314	26.257453	79.263415
8	0.3286	4.1798	0.110509	25.663051	78.193492
9	0.3286	4.1798	0.111743	25.782199	78.407958
10	0.3286	4.1798	0.110509	25.663051	78.193492
11	0.3286	4.1798	0.113011	26.130106	79.034191
12	0.3286	4.1798	0.113011	26.130106	79.034191
Promedio					78.483682

MOLINO 7 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2549	4.1798	0.135878	26.087021	78.956638
2	0.2549	4.1798	0.135878	26.087021	78.956638
3	0.2549	4.1798	0.135878	26.087021	78.956638
4	0.2549	4.1798	0.135878	25.951143	78.712058
5	0.2549	4.1798	0.134377	25.671884	78.209392
6	0.2549	4.1798	0.143575	27.584358	81.651845
7	0.2549	4.1798	0.140634	26.968877	80.543979
8	0.2549	4.1798	0.145098	27.756855	81.962339
9	0.2549	4.1798	0.143575	27.440783	81.393409
10	0.2549	4.1798	0.139004	26.529046	79.752282
11	0.2549	4.1798	0.140634	26.968877	80.543979
12	0.2549	4.1798	0.139004	26.668050	80.002490
Promedio					79.970141

MOLINO 7 Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3424	4.1798	0.126677	25.760065	78.368116
2	0.3424	4.1798	0.131040	26.441435	79.594583
3	0.3424	4.1798	0.129546	26.165910	79.098639

MOLINO 7 Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
4	0.3424	4.1798	0.129546	26.295456	79.331821
5	0.3424	4.1798	0.131040	26.572475	79.830455
6	0.3424	4.1798	0.131040	26.572475	79.830455
7	0.3424	4.1798	0.131040	26.572475	79.830455
8	0.3424	4.1798	0.135349	27.300932	81.141678
9	0.3424	4.1798	0.133947	27.143149	80.857668
10	0.3424	4.1798	0.133947	27.143149	80.857668
11	0.3424	4.1798	0.132576	26.856066	80.340919
12	0.3424	4.1798	0.132576	26.856066	80.340919
Promedio					79.951948

MOLINO 7 Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2380	4.1798	0.116587	25.349760	77.629569
2	0.2380	4.1798	0.119185	25.834297	78.501735
3	0.2380	4.1798	0.119185	25.834297	78.501735
4	0.2380	4.1798	0.117869	25.707213	78.272984
5	0.2380	4.1798	0.119185	25.834297	78.501735
6	0.2380	4.1798	0.119185	25.834297	78.501735
7	0.2380	4.1798	0.123357	26.603647	79.886564
8	0.2380	4.1798	0.119185	25.834297	78.501735
9	0.2380	4.1798	0.121928	26.463133	79.633639
10	0.2380	4.1798	0.121928	26.341205	79.414169
11	0.2380	4.1798	0.121928	26.341205	79.414169
12	0.2380	4.1798	0.121928	26.341205	79.414169
Promedio					78.847828

* Continuación de la Tabla C.3.a.

**Tabla C.4.b.*
Calor entregado al Refrigerante (Lado Coronas)**

MOLINO 1 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2921	4.1798	0.201140	27.815960	82.068728
2	0.2921	4.1798	0.198809	27.385705	81.294269
3	0.2921	4.1798	0.201140	27.614820	81.706676

MOLINO 1					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
4	0.2921	4.1798	0.194337	26.360360	79.448648
5	0.2921	4.1798	0.196542	26.768880	80.183983
6	0.2921	4.1798	0.196542	26.965422	80.537759
7	0.2921	4.1798	0.194337	26.360360	79.448648
8	0.2921	4.1798	0.201140	27.614820	81.706676
9	0.2921	4.1798	0.192191	26.153144	79.075659
10	0.2921	4.1798	0.201140	27.815960	82.068728
11	0.2921	4.1798	0.198809	27.186896	80.936414
12	0.2921	4.1798	0.205347	28.696243	83.653237
Promedio					81.010785

MOLINO 1					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3525	4.1798	0.187158	26.310104	79.358188
2	0.3525	4.1798	0.202004	29.242081	84.635746
3	0.3525	4.1798	0.193709	27.711931	81.881475
4	0.3525	4.1798	0.191464	27.106107	80.790992
5	0.3525	4.1798	0.189281	26.892814	80.407065
6	0.3525	4.1798	0.195712	28.131393	82.636507
7	0.3525	4.1798	0.204202	29.696652	85.453974
8	0.3525	4.1798	0.204202	29.900854	85.821538
9	0.3525	4.1798	0.187158	26.497262	79.695072
10	0.3525	4.1798	0.189281	26.892814	80.407065
11	0.3525	4.1798	0.189281	26.892814	80.407065
12	0.3525	4.1798	0.193709	27.518221	81.532798
Promedio					81.918957

MOLINO 1					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2766	4.1798	0.141286	27.401857	81.323342
2	0.2766	4.1798	0.138391	26.937477	80.487459
3	0.2766	4.1798	0.136787	26.641447	79.954605
4	0.2766	4.1798	0.136787	26.504660	79.708388
5	0.2766	4.1798	0.136787	26.641447	79.954605
6	0.2766	4.1798	0.141286	27.401857	81.323342
7	0.2766	4.1798	0.135228	26.217050	79.190690

MOLINO 1					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
8	0.2766	4.1798	0.148784	29.017157	84.230883
9	0.2766	4.1798	0.135228	26.217050	79.190690
10	0.2766	4.1798	0.141286	27.543143	81.577657
11	0.2766	4.1798	0.145888	28.355417	83.039750
12	0.2766	4.1798	0.135228	26.217050	79.190690
Promedio					80.764342

MOLINO 2					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3303	4.1798	0.137773	27.617687	81.711837
2	0.3303	4.1798	0.129018	26.032148	78.857866
3	0.3303	4.1798	0.129018	25.903129	78.625633
4	0.3303	4.1798	0.136328	27.317571	81.171628
5	0.3303	4.1798	0.131987	26.583846	79.850922
6	0.3303	4.1798	0.131987	26.451859	79.613346
7	0.3303	4.1798	0.126206	25.504822	77.908680
8	0.3303	4.1798	0.130482	26.174341	79.113815
9	0.3303	4.1798	0.130482	26.174341	79.113815
10	0.3303	4.1798	0.130482	26.174341	79.113815
11	0.3303	4.1798	0.127593	25.765561	78.378010
12	0.3303	4.1798	0.131987	26.451859	79.613346
Promedio					79.422726

MOLINO 2					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2844	4.1798	0.135995	26.495940	79.692692
2	0.2844	4.1798	0.135995	26.495940	79.692692
3	0.2844	4.1798	0.132936	26.063486	78.914275
4	0.2844	4.1798	0.132936	25.930550	78.674990
5	0.2844	4.1798	0.132936	25.930550	78.674990
6	0.2844	4.1798	0.132936	25.930550	78.674990
7	0.2844	4.1798	0.137589	26.926249	80.467248
8	0.2844	4.1798	0.130037	25.520150	77.936270
9	0.2844	4.1798	0.131467	25.788805	78.419849
10	0.2844	4.1798	0.131467	25.788805	78.419849
11	0.2844	4.1798	0.131467	25.657337	78.183207

MOLINO 2					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
12	0.2844	4.1798	0.130037	25.520150	77.936270
Promedio					78.807277

MOLINO 2					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2462	4.1798	0.123799	26.856990	80.342581
2	0.2462	4.1798	0.119732	26.077584	78.939651
3	0.2462	4.1798	0.122532	26.715455	80.087819
4	0.2462	4.1798	0.123799	26.856990	80.342581
5	0.2462	4.1798	0.122532	26.592922	79.867260
6	0.2462	4.1798	0.121112	26.332236	79.398024
7	0.2462	4.1798	0.121112	26.453348	79.616026
8	0.2462	4.1798	0.121112	26.453348	79.616026
9	0.2462	4.1798	0.121112	26.453348	79.616026
10	0.2462	4.1798	0.123799	26.856990	80.342581
11	0.2462	4.1798	0.121112	26.332236	79.398024
12	0.2462	4.1798	0.129170	27.970907	82.347633
Promedio					79.992853

MOLINO 3					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.1420	4.1798	0.054650	25.655795	78.180430
2	0.1420	4.1798	0.056451	26.467732	79.641917
3	0.1420	4.1798	0.055183	25.882930	78.589274
4	0.1420	4.1798	0.054650	25.655795	78.180430
5	0.1420	4.1798	0.055183	25.827747	78.489944
6	0.1420	4.1798	0.054650	25.601145	78.082061
7	0.1420	4.1798	0.054650	25.655795	78.180430
8	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.1420	4.1798	0.055950	26.230896	79.215612
10	0.1420	4.1798	0.054372	25.489347	77.880825
11	0.1420	4.1798	0.054372	25.489347	77.880825
12	0.1420	4.1798	0.053828	25.322969	77.581345
Promedio					78.354827

MOLINO 3					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.0212	4.1798	0.138465	25.415396	77.747713
2	0.0212	4.1798	0.138465	25.553862	77.996951
3	0.0212	4.1798	0.141277	26.554049	79.797288
4	0.0212	4.1798	0.143973	27.735489	81.923880
5	0.0212	4.1798	0.139852	25.978962	78.762132
6	0.0212	4.1798	0.139852	25.978962	78.762132
7	0.0212	4.1798	0.142656	27.282504	81.108507
8	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.0212	4.1798	0.139852	26.118814	79.013865
10	0.0212	4.1798	0.142005	26.846069	80.322925
11	0.0212	4.1798	0.142656	27.282504	81.108507
12	0.0212	4.1798	0.141277	29.379592	84.883265
Promedio					80.129742

MOLINO 3					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.1485	4.1798	0.054234	26.247372	79.245269
2	0.1485	4.1798	0.052197	25.417575	77.751635
3	0.1485	4.1798	0.052729	25.632747	78.138944
4	0.1485	4.1798	0.052197	25.365378	77.657681
5	0.1485	4.1798	0.052197	25.417575	77.751635
6	0.1485	4.1798	0.052197	25.417575	77.751635
7	0.1485	4.1798	0.051936	25.311618	77.560913
8	0.0000	0.0000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.1485	4.1798	0.052197	25.365378	77.657681
10	0.1485	4.1798	0.053983	26.187636	79.137745
11	0.1485	4.1798	0.052461	25.524610	77.944298
12	0.1485	4.1798	0.052729	25.580018	78.044032
Promedio					78.058315

MOLINO 4					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.1420	4.1798	0.053828	25.322969	77.581345
2	0.1420	4.1798	0.054098	25.378687	77.681637
3	0.1420	4.1798	0.054098	25.378687	77.681637
4	0.1420	4.1798	0.054098	25.432785	77.779014

MOLINO 4 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
5	0.1420	4.1798	0.054372	25.489347	77.880825
6	0.1420	4.1798	0.054372	25.489347	77.880825
7	0.1420	4.1798	0.054098	25.378687	77.681637
8	0.1420	4.1798	0.054372	25.489347	77.880825
9	0.1420	4.1798	0.053828	25.322969	77.581345
10	0.1420	4.1798	0.054372	25.489347	77.880825
11	0.1420	4.1798	0.054098	25.378687	77.681637
12	0.1420	4.1798	0.054372	25.543719	77.978694
Promedio					77.764187

MOLINO 4 Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.0212	4.1798	0.145935	28.940239	84.092429
2	0.0212	4.1798	0.138465	25.553862	77.996951
3	0.0212	4.1798	0.139852	25.978962	78.762132
4	0.0212	4.1798	0.142005	26.846069	80.322925
5	0.0212	4.1798	0.142005	26.988075	80.578534
6	0.0212	4.1798	0.142656	27.425160	81.365289
7	0.0212	4.1798	0.142005	26.988075	80.578534
8	0.0212	4.1798	0.142005	26.846069	80.322925
9	0.0212	4.1798	0.140559	26.265035	79.277062
10	0.0212	4.1798	0.141277	26.554049	79.797288
11	0.0212	4.1798	0.140559	26.405594	79.530069
12	0.0212	4.1798	0.142005	26.846069	80.322925
Promedio					80.245589

MOLINO 4 Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.1485	4.1798	0.052729	25.632747	78.138944
2	0.1485	4.1798	0.052197	25.417575	77.751635
3	0.1485	4.1798	0.051936	25.311618	77.560913
4	0.1485	4.1798	0.052197	25.365378	77.657681
5	0.1485	4.1798	0.051936	25.259682	77.467428
6	0.1485	4.1798	0.053244	25.851899	78.533419
7	0.1485	4.1798	0.052197	25.417575	77.751635
8	0.1485	4.1798	0.052729	25.632747	78.138944

MOLINO 4					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
9	0.1485	4.1798	0.052461	25.472149	77.849868
10	0.1485	4.1798	0.053001	25.689009	78.240216
11	0.1485	4.1798	0.052729	25.580018	78.044032
12	0.1485	4.1798	0.052729	25.632747	78.138944
Promedio					77.939472

MOLINO 5					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2444	4.1798	0.135517	25.813104	78.463588
2	0.2444	4.1798	0.137031	25.959216	78.726589
3	0.2444	4.1798	0.137031	25.959216	78.726589
4	0.2444	4.1798	0.137031	26.096247	78.973245
5	0.2444	4.1798	0.138586	26.247271	79.245088
6	0.2444	4.1798	0.138586	26.247271	79.245088
7	0.2444	4.1798	0.137031	25.959216	78.726589
8	0.2444	4.1798	0.138586	26.247271	79.245088
9	0.2444	4.1798	0.135517	25.813104	78.463588
10	0.2444	4.1798	0.138586	26.247271	79.245088
11	0.2444	4.1798	0.137031	25.959216	78.726589
12	0.2444	4.1798	0.138586	26.385857	79.494543
Promedio					78.940139

MOLINO 5					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2211	4.1798	0.155561	29.200135	84.560243
2	0.2211	4.1798	0.136753	25.547012	77.984622
3	0.2211	4.1798	0.139801	25.978607	78.761493
4	0.2211	4.1798	0.144695	26.881033	80.385859
5	0.2211	4.1798	0.144695	27.025728	80.646310
6	0.2211	4.1798	0.147721	27.511259	81.520267
7	0.2211	4.1798	0.144695	27.025728	80.646310
8	0.2211	4.1798	0.144695	26.881033	80.385859
9	0.2211	4.1798	0.141387	26.272486	79.290474
10	0.2211	4.1798	0.143018	26.573196	79.831753
11	0.2211	4.1798	0.141387	26.413873	79.544971
12	0.2211	4.1798	0.144695	26.881033	80.385859
Promedio					80.328669

MOLINO 5 Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3536	4.1798	0.106691	26.280295	79.304531
2	0.3536	4.1798	0.104292	25.834332	78.501798
3	0.3536	4.1798	0.103140	25.618838	78.113908
4	0.3536	4.1798	0.104292	25.730041	78.314073
5	0.3536	4.1798	0.103140	25.515698	77.928257
6	0.3536	4.1798	0.109058	26.744933	80.140879
7	0.3536	4.1798	0.104292	25.834332	78.501798
8	0.3536	4.1798	0.106691	26.280295	79.304531
9	0.3536	4.1798	0.105475	25.949274	78.708693
10	0.3536	4.1798	0.107942	26.403250	79.525850
11	0.3536	4.1798	0.106691	26.173604	79.112487
12	0.3536	4.1798	0.106691	26.280295	79.304531
Promedio					78.896778

MOLINO 6 Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2056	4.1798	0.154767	28.559635	83.407343
2	0.2056	4.1798	0.146814	26.908583	80.435449
3	0.2056	4.1798	0.149885	27.548039	81.586470
4	0.2056	4.1798	0.145112	26.741350	80.134429
5	0.2056	4.1798	0.141849	26.134789	79.042619
6	0.2056	4.1798	0.145112	26.741350	80.134429
7	0.2056	4.1798	0.145112	26.596237	79.873227
8	0.2056	4.1798	0.148332	27.373311	81.271959
9	0.2056	4.1798	0.146814	26.908583	80.435449
10	0.2056	4.1798	0.149885	27.697924	81.856263
11	0.2056	4.1798	0.151474	27.878000	82.180400
12	0.2056	4.1798	0.153101	28.215111	82.787200
Promedio					81.095436

MOLINO 6 Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2653	4.1798	0.137898	26.516880	79.730384
2	0.2653	4.1798	0.137898	26.654778	79.978601
3	0.2653	4.1798	0.137898	26.654778	79.978601

MOLINO 6					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
4	0.2653	4.1798	0.134797	26.078372	78.941070
5	0.2653	4.1798	0.134797	26.078372	78.941070
6	0.2653	4.1798	0.137898	26.516880	79.730384
7	0.2653	4.1798	0.139515	26.813697	80.264655
8	0.2653	4.1798	0.137898	26.516880	79.730384
9	0.2653	4.1798	0.134797	26.078372	78.941070
10	0.2653	4.1798	0.142433	27.421363	81.358453
11	0.2653	4.1798	0.139515	26.953212	80.515782
12	0.2653	4.1798	0.139515	26.813697	80.264655
Promedio					79.864592

MOLINO 6					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3286	4.1798	0.113011	26.130106	79.034191
2	0.3286	4.1798	0.113011	26.017096	78.830772
3	0.3286	4.1798	0.115654	26.503506	79.706312
4	0.3286	4.1798	0.113011	26.017096	78.830772
5	0.3286	4.1798	0.114314	26.257453	79.263415
6	0.3286	4.1798	0.114314	26.371767	79.469180
7	0.3286	4.1798	0.118073	27.007245	80.613041
8	0.3286	4.1798	0.118073	27.007245	80.613041
9	0.3286	4.1798	0.118073	27.007245	80.613041
10	0.3286	4.1798	0.115654	26.619161	79.914489
11	0.3286	4.1798	0.118073	27.007245	80.613041
12	0.3286	4.1798	0.119325	27.267176	81.080916
Promedio					79.881851

MOLINO 7					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2549	4.1798	0.148252	28.558049	83.404488
2	0.2549	4.1798	0.137419	26.236774	79.226194
3	0.2549	4.1798	0.139004	26.529046	79.752282
4	0.2549	4.1798	0.137419	26.374194	79.473549
5	0.2549	4.1798	0.139004	26.668050	80.002490
6	0.2549	4.1798	0.143575	27.440783	81.393409
7	0.2549	4.1798	0.148252	28.409797	83.137634

MOLINO 7					
Maza Cañera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
8	0.2549	4.1798	0.160251	31.410052	88.538094
9	0.2549	4.1798	0.139004	26.668050	80.002490
10	0.2549	4.1798	0.146656	28.226431	82.807576
11	0.2549	4.1798	0.137419	26.236774	79.226194
12	0.2549	4.1798	0.140634	26.968877	80.543979
Promedio					81.459032

MOLINO 7					
Maza Bagacera					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.3424	4.1798	0.126677	25.760065	78.368116
2	0.3424	4.1798	0.131040	26.441435	79.594583
3	0.3424	4.1798	0.131040	26.441435	79.594583
4	0.3424	4.1798	0.129546	26.165910	79.098639
5	0.3424	4.1798	0.129546	26.165910	79.098639
6	0.3424	4.1798	0.129546	26.165910	79.098639
7	0.3424	4.1798	0.128092	26.024738	78.844528
8	0.3424	4.1798	0.131040	26.441435	79.594583
9	0.3424	4.1798	0.128092	26.024738	78.844528
10	0.3424	4.1798	0.131040	26.572475	79.830455
11	0.3424	4.1798	0.133947	27.143149	80.857668
12	0.3424	4.1798	0.129546	26.295456	79.331821
Promedio					79.346398

MOLINO 7					
Maza Superior					
Medición No.	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	0.2380	4.1798	0.119185	25.953482	78.716268
2	0.2380	4.1798	0.120538	26.084839	78.952710
3	0.2380	4.1798	0.123357	26.727004	80.108607
4	0.2380	4.1798	0.123357	26.603647	79.886564
5	0.2380	4.1798	0.121928	26.463133	79.633639
6	0.2380	4.1798	0.124633	26.994124	80.589424
7	0.2380	4.1798	0.125937	27.140936	80.853686
8	0.2380	4.1798	0.125937	27.140936	80.853686
9	0.2380	4.1798	0.125937	27.140936	80.853686
10	0.2380	4.1798	0.123357	26.603647	79.886564
11	0.2380	4.1798	0.124633	26.994124	80.589424
12	0.2380	4.1798	0.124633	26.869492	80.365085
Promedio					80.107445

* Continuación de la Tabla C.3.b.

APÉNDICE D

D.1. Enfriamiento de las Cajas de Enfriamiento a Diferentes Caudales⁴²

Los caudales de prueba se encuentran en la Tabla 3.1 y para determinar si la transferencia de calor por convección es libre o forzada, se sabe que el número de Nusselt (N_{uL}), está en función del número de Reynolds (N_{RL}), Grashof (Gr_L) y Prandtl (Pr) y que esto ocurre cuando los efectos de convección libre y forzada son comparables. Para tales casos se superpone un flujo externo sobre el flujo impulsado por empuje, y existe una velocidad de convección bien definida. Por lo general los efectos combinados de convección libre y forzada se deben considerar cuando $(Gr_L/N_{RL}^2) \approx 1$. Pero si satisface las desigualdades:

- a. (Gr_L/N_{RL}^2) es mucho menor que 1; los efectos de convección libre se pueden ignorar.
- b. (Gr_L/N_{RL}^2) es mucho mayor que 1; los efectos de convección forzada se pueden ignorar.

Para determinar el número de Grashof se utiliza la siguiente ecuación:

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2}$$

donde, g = Gravedad (m/s^2)

β = Coeficiente de Expansión (K^{-1})

T_s = Temperatura de la Superficie (K)

T_∞ = Temperatura del Fluido (K)

L = Longitud (m)

ν = Viscosidad Cinética (m^2/s)

Para determinar el número de Reynolds se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_{RL} = \frac{\nu L \rho}{\mu}$$

⁴² **Nota:** Debido a la ausencia de los valores de los coeficientes y propiedades del agua en Sistema Inglés se utilizo el Sistema Internacional para evitar la conversión de todos los valores. Sin embargo, los resultados se presentan en el Sistema Inglés.

donde, $v =$ Velocidad del Fluido (m/s)

$\rho =$ Densidad del Fluido (kg/m³)

$\mu =$ Viscosidad Dinámica (kg m/s)

Para determinar los números anteriormente descritos se utiliza los valores de la Tabla A.2. a las temperaturas de película (T_f):

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

Los datos de longitud y área del caudal, se toman a partir de los planos correspondientes a cada caja de enfriamiento. Los cálculos de la relación se presentan en la Tabla D.1.a. para todos los molinos⁴³

Tabla D.1.a.
Relación de Convección Forzada o Libre

150 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

⁴³ Nota: Se presenta un extremo del molino, debido a que se supone que son iguales los dos extremos

150 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	2.25E-04	0.00065	0.34912	2471465.1	1.4836E-06
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	2.25E-04	0.00065	0.34912	2471465.1	1.4836E-06
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	2.25E-04	0.00112	0.20100	1589668.2	5.0005E-06
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-04	0.00081	0.27929	1334647.4	1.5648E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-04	0.00081	0.27929	1334647.4	1.5648E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.25E-04	0.00095	0.23769	1589668.2	3.0238E-06
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.25E-04	0.00286	0.07867	275763.9	1.4465E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.25E-04	0.00286	0.07867	275763.9	1.4465E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	2.25E-04	0.00286	0.07867	283222.0	1.4856E-05
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.25E-04	0.00286	0.07867	275763.9	1.4465E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.25E-04	0.00286	0.07867	275763.9	1.4465E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	2.25E-04	0.00286	0.07867	283222.0	1.4856E-05
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-04	0.00081	0.27929	1334647.4	1.5648E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-04	0.00081	0.27929	1334647.4	1.5648E-06
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	2.25E-04	0.00090	0.25096	1589668.2	2.5690E-06
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-04	0.00081	0.27929	1334647.4	1.5648E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-04	0.00081	0.27929	1334647.4	1.5648E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.25E-04	0.00095	0.23769	1589668.2	3.0238E-06
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-04	0.00081	0.27929	1334647.4	1.5648E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-04	0.00081	0.27929	1334647.4	1.5648E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.25E-04	0.00095	0.23769	1589668.2	3.0238E-06

125 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

125 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

125 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.88E-04	0.00065	0.29093	2059554.2	2.1364E-06
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.88E-04	0.00065	0.29093	2059554.2	2.1364E-06
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	1.88E-04	0.00112	0.16750	1324723.5	7.2007E-06
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.88E-04	0.00081	0.23275	1112206.2	2.2533E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.88E-04	0.00081	0.23275	1112206.2	2.2533E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.88E-04	0.00095	0.19807	1324723.5	4.3543E-06
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.88E-04	0.00286	0.06556	229803.2	2.0829E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.88E-04	0.00286	0.06556	229803.2	2.0829E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.88E-04	0.00286	0.06556	236018.4	2.1393E-05
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.88E-04	0.00286	0.06556	229803.2	2.0829E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.88E-04	0.00286	0.06556	229803.2	2.0829E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.88E-04	0.00286	0.06556	236018.4	2.1393E-05
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.88E-04	0.00081	0.23275	1112206.2	2.2533E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.88E-04	0.00081	0.23275	1112206.2	2.2533E-06
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	1.88E-04	0.00090	0.20913	1324723.5	3.6994E-06
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.88E-04	0.00081	0.23275	1112206.2	2.2533E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.88E-04	0.00081	0.23275	1112206.2	2.2533E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.88E-04	0.00095	0.19807	1324723.5	4.3543E-06
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.88E-04	0.00081	0.23275	1112206.2	2.2533E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.88E-04	0.00081	0.23275	1112206.2	2.2533E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.88E-04	0.00095	0.19807	1324723.5	4.3543E-06

100 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

100 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Especifico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

100 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.50E-04	0.00065	0.23275	1647643.4	3.3381E-06
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.50E-04	0.00065	0.23275	1647643.4	3.3381E-06
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	1.50E-04	0.00112	0.13400	1059778.8	1.1251E-05
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-04	0.00081	0.18620	889765.0	3.5208E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-04	0.00081	0.18620	889765.0	3.5208E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-04	0.00095	0.15846	1059778.8	6.8036E-06
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-04	0.00286	0.05245	183842.6	3.2546E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-04	0.00286	0.05245	183842.6	3.2546E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.50E-04	0.00286	0.05245	188814.7	3.3426E-05
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-04	0.00286	0.05245	183842.6	3.2546E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-04	0.00286	0.05245	183842.6	3.2546E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.50E-04	0.00286	0.05245	188814.7	3.3426E-05
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-04	0.00081	0.18620	889765.0	3.5208E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-04	0.00081	0.18620	889765.0	3.5208E-06
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	1.50E-04	0.00090	0.16731	1059778.8	5.7803E-06
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-04	0.00081	0.18620	889765.0	3.5208E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-04	0.00081	0.18620	889765.0	3.5208E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-04	0.00095	0.15846	1059778.8	6.8036E-06
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-04	0.00081	0.18620	889765.0	3.5208E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-04	0.00081	0.18620	889765.0	3.5208E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-04	0.00095	0.15846	1059778.8	6.8036E-06

75 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

75 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.13E-04	0.00065	0.17456	1235732.5	5.9344E-06
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.13E-04	0.00065	0.17456	1235732.5	5.9344E-06
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	1.13E-04	0.00112	0.10050	794834.1	2.0002E-05
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.13E-04	0.00081	0.13965	667323.7	6.2592E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.13E-04	0.00081	0.13965	667323.7	6.2592E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.13E-04	0.00095	0.11884	794834.1	1.2095E-05
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.13E-04	0.00286	0.03934	137881.9	5.7859E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.13E-04	0.00286	0.03934	137881.9	5.7859E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.13E-04	0.00286	0.03934	141611.0	5.9424E-05
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.13E-04	0.00286	0.03934	137881.9	5.7859E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.13E-04	0.00286	0.03934	137881.9	5.7859E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.13E-04	0.00286	0.03934	141611.0	5.9424E-05
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.13E-04	0.00081	0.13965	667323.7	6.2592E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.13E-04	0.00081	0.13965	667323.7	6.2592E-06
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	1.13E-04	0.00090	0.12548	794834.1	1.0276E-05
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.13E-04	0.00081	0.13965	667323.7	6.2592E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.13E-04	0.00081	0.13965	667323.7	6.2592E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.13E-04	0.00095	0.11884	794834.1	1.2095E-05

75 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.13E-04	0.00081	0.13965	667323.7	6.2592E-06
7	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.13E-04	0.00081	0.13965	667323.7	6.2592E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.13E-04	0.00095	0.11884	794834.1	1.2095E-05

50 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
1	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

50 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	7.51E-05	0.00065	0.11637	823821.7	1.3352E-05
1	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	7.51E-05	0.00065	0.11637	823821.7	1.3352E-05
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	7.51E-05	0.00112	0.06700	529889.4	4.5004E-05
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-05	0.00081	0.09310	444882.5	1.4083E-05
2	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-05	0.00081	0.09310	444882.5	1.4083E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	7.51E-05	0.00095	0.07923	529889.4	2.7214E-05
	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	7.51E-05	0.00286	0.02622	91921.3	1.3018E-04
3	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	7.51E-05	0.00286	0.02622	91921.3	1.3018E-04
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	7.51E-05	0.00286	0.02622	94407.3	1.3370E-04

50 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	7.51E-05	0.00286	0.02622	91921.3	1.3018E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	7.51E-05	0.00286	0.02622	91921.3	1.3018E-04
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	7.51E-05	0.00286	0.02622	94407.3	1.3370E-04
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-05	0.00081	0.09310	444882.5	1.4083E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-05	0.00081	0.09310	444882.5	1.4083E-05
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	7.51E-05	0.00090	0.08365	529889.4	2.3121E-05
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-05	0.00081	0.09310	444882.5	1.4083E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-05	0.00081	0.09310	444882.5	1.4083E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	7.51E-05	0.00095	0.07923	529889.4	2.7214E-05
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-05	0.00081	0.09310	444882.5	1.4083E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-05	0.00081	0.09310	444882.5	1.4083E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	7.51E-05	0.00095	0.07923	529889.4	2.7214E-05

25 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

25 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	3.75E-05	0.00065	0.05819	411910.8	5.3410E-05
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	3.75E-05	0.00065	0.05819	411910.8	5.3410E-05
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	3.75E-05	0.00112	0.03350	264944.7	1.8002E-04
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.75E-05	0.00081	0.04655	222441.2	5.6333E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.75E-05	0.00081	0.04655	222441.2	5.6333E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.75E-05	0.00095	0.03961	264944.7	1.0886E-04
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.75E-05	0.00286	0.01311	45960.6	5.2074E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.75E-05	0.00286	0.01311	45960.6	5.2074E-04
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	3.75E-05	0.00286	0.01311	47203.7	5.3482E-04
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.75E-05	0.00286	0.01311	45960.6	5.2074E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.75E-05	0.00286	0.01311	45960.6	5.2074E-04
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	3.75E-05	0.00286	0.01311	47203.7	5.3482E-04
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.75E-05	0.00081	0.04655	222441.2	5.6333E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.75E-05	0.00081	0.04655	222441.2	5.6333E-05
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	3.75E-05	0.00090	0.04183	264944.7	9.2485E-05
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.75E-05	0.00081	0.04655	222441.2	5.6333E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.75E-05	0.00081	0.04655	222441.2	5.6333E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.75E-05	0.00095	0.03961	264944.7	1.0886E-04
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.75E-05	0.00081	0.04655	222441.2	5.6333E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.75E-05	0.00081	0.04655	222441.2	5.6333E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.75E-05	0.00095	0.03961	264944.7	1.0886E-04

20 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

20 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

20 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	3.00E-05	0.00065	0.04655	329528.7	8.3452E-05
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	3.00E-05	0.00065	0.04655	329528.7	8.3452E-05
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	3.00E-05	0.00112	0.02680	211955.8	2.8128E-04
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-05	0.00081	0.03724	177953.0	8.8020E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-05	0.00081	0.03724	177953.0	8.8020E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.00E-05	0.00095	0.03169	211955.8	1.7009E-04
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.00E-05	0.00286	0.01049	36768.5	8.1365E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.00E-05	0.00286	0.01049	36768.5	8.1365E-04
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	3.00E-05	0.00286	0.01049	37762.9	8.3565E-04
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.00E-05	0.00286	0.01049	36768.5	8.1365E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.00E-05	0.00286	0.01049	36768.5	8.1365E-04
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	3.00E-05	0.00286	0.01049	37762.9	8.3565E-04
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-05	0.00081	0.03724	177953.0	8.8020E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-05	0.00081	0.03724	177953.0	8.8020E-05
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	3.00E-05	0.00090	0.03346	211955.8	1.4451E-04
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-05	0.00081	0.03724	177953.0	8.8020E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-05	0.00081	0.03724	177953.0	8.8020E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.00E-05	0.00095	0.03169	211955.8	1.7009E-04
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-05	0.00081	0.03724	177953.0	8.8020E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-05	0.00081	0.03724	177953.0	8.8020E-05
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.00E-05	0.00095	0.03169	211955.8	1.7009E-04

15 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

15 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

15 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	2.25E-05	0.00065	0.03491	247146.5	1.4836E-04
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	2.25E-05	0.00065	0.03491	247146.5	1.4836E-04
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	2.25E-05	0.00112	0.02010	158966.8	5.0005E-04
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-05	0.00081	0.02793	133464.7	1.5648E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-05	0.00081	0.02793	133464.7	1.5648E-04
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.25E-05	0.00095	0.02377	158966.8	3.0238E-04
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.25E-05	0.00286	0.00787	27576.4	1.4465E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.25E-05	0.00286	0.00787	27576.4	1.4465E-03
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	2.25E-05	0.00286	0.00787	28322.2	1.4856E-03
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.25E-05	0.00286	0.00787	27576.4	1.4465E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.25E-05	0.00286	0.00787	27576.4	1.4465E-03
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	2.25E-05	0.00286	0.00787	28322.2	1.4856E-03
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-05	0.00081	0.02793	133464.7	1.5648E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-05	0.00081	0.02793	133464.7	1.5648E-04
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	2.25E-05	0.00090	0.02510	158966.8	2.5690E-04
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-05	0.00081	0.02793	133464.7	1.5648E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-05	0.00081	0.02793	133464.7	1.5648E-04
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.25E-05	0.00095	0.02377	158966.8	3.0238E-04
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-05	0.00081	0.02793	133464.7	1.5648E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.25E-05	0.00081	0.02793	133464.7	1.5648E-04
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.25E-05	0.00095	0.02377	158966.8	3.0238E-04

10 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

10 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.50E-05	0.00065	0.02327	164764.3	3.3381E-04
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.50E-05	0.00065	0.02327	164764.3	3.3381E-04
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	1.50E-05	0.00112	0.01340	105977.9	1.1251E-03
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-05	0.00081	0.01862	88976.5	3.5208E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-05	0.00081	0.01862	88976.5	3.5208E-04
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-05	0.00095	0.01585	105977.9	6.8036E-04
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-05	0.00286	0.00524	18384.3	3.2546E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-05	0.00286	0.00524	18384.3	3.2546E-03
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.50E-05	0.00286	0.00524	18881.5	3.3426E-03
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-05	0.00286	0.00524	18384.3	3.2546E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-05	0.00286	0.00524	18384.3	3.2546E-03
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.50E-05	0.00286	0.00524	18881.5	3.3426E-03
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-05	0.00081	0.01862	88976.5	3.5208E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-05	0.00081	0.01862	88976.5	3.5208E-04
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	1.50E-05	0.00090	0.01673	105977.9	5.7803E-04
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-05	0.00081	0.01862	88976.5	3.5208E-04
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-05	0.00081	0.01862	88976.5	3.5208E-04
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-05	0.00095	0.01585	105977.9	6.8036E-04

10 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-05	0.00081	0.01862	88976.5	3.5208E-04
7	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-05	0.00081	0.01862	88976.5	3.5208E-04
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-05	0.00095	0.01585	105977.9	6.8036E-04

5 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
1	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

5 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	7.51E-06	0.00065	0.01164	82382.2	1.3352E-03
1	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	7.51E-06	0.00065	0.01164	82382.2	1.3352E-03
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	7.51E-06	0.00112	0.00670	52988.9	4.5004E-03
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-06	0.00081	0.00931	44488.2	1.4083E-03
2	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-06	0.00081	0.00931	44488.2	1.4083E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	7.51E-06	0.00095	0.00792	52988.9	2.7214E-03
	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	7.51E-06	0.00286	0.00262	9192.1	1.3018E-02
3	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	7.51E-06	0.00286	0.00262	9192.1	1.3018E-02
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	7.51E-06	0.00286	0.00262	9440.7	1.3370E-02

5 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	7.51E-06	0.00286	0.00262	9192.1	1.3018E-02
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	7.51E-06	0.00286	0.00262	9192.1	1.3018E-02
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	7.51E-06	0.00286	0.00262	9440.7	1.3370E-02
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-06	0.00081	0.00931	44488.2	1.4083E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-06	0.00081	0.00931	44488.2	1.4083E-03
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	7.51E-06	0.00090	0.00837	52988.9	2.3121E-03
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-06	0.00081	0.00931	44488.2	1.4083E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-06	0.00081	0.00931	44488.2	1.4083E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	7.51E-06	0.00095	0.00792	52988.9	2.7214E-03
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-06	0.00081	0.00931	44488.2	1.4083E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	7.51E-06	0.00081	0.00931	44488.2	1.4083E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	7.51E-06	0.00095	0.00792	52988.9	2.7214E-03

4 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

4 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	6.01E-06	0.00065	0.00931	65905.7	2.0863E-03
1	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	6.01E-06	0.00065	0.00931	65905.7	2.0863E-03
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	6.01E-06	0.00112	0.00536	42391.2	7.0320E-03
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	6.01E-06	0.00081	0.00745	35590.6	2.2005E-03
2	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	6.01E-06	0.00081	0.00745	35590.6	2.2005E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	6.01E-06	0.00095	0.00634	42391.2	4.2523E-03
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	6.01E-06	0.00286	0.00210	7353.7	2.0341E-02
3	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	6.01E-06	0.00286	0.00210	7353.7	2.0341E-02
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	6.01E-06	0.00286	0.00210	7552.6	2.0891E-02
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	6.01E-06	0.00286	0.00210	7353.7	2.0341E-02
4	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	6.01E-06	0.00286	0.00210	7353.7	2.0341E-02
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	6.01E-06	0.00286	0.00210	7552.6	2.0891E-02
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	6.01E-06	0.00081	0.00745	35590.6	2.2005E-03
5	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	6.01E-06	0.00081	0.00745	35590.6	2.2005E-03
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	6.01E-06	0.00090	0.00669	42391.2	3.6127E-03
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	6.01E-06	0.00081	0.00745	35590.6	2.2005E-03
6	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	6.01E-06	0.00081	0.00745	35590.6	2.2005E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	6.01E-06	0.00095	0.00634	42391.2	4.2523E-03
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	6.01E-06	0.00081	0.00745	35590.6	2.2005E-03
7	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	6.01E-06	0.00081	0.00745	35590.6	2.2005E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	6.01E-06	0.00095	0.00634	42391.2	4.2523E-03

3 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Especifico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
1	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

3 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

3 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	4.50E-06	0.00065	0.00698	49429.3	3.7090E-03
1	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	4.50E-06	0.00065	0.00698	49429.3	3.7090E-03
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	4.50E-06	0.00112	0.00402	31793.4	1.2501E-02
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	4.50E-06	0.00081	0.00559	26692.9	3.9120E-03
2	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	4.50E-06	0.00081	0.00559	26692.9	3.9120E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	4.50E-06	0.00095	0.00475	31793.4	7.5596E-03
	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	4.50E-06	0.00286	0.00157	5515.3	3.6162E-02
3	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	4.50E-06	0.00286	0.00157	5515.3	3.6162E-02
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	4.50E-06	0.00286	0.00157	5664.4	3.7140E-02
	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	4.50E-06	0.00286	0.00157	5515.3	3.6162E-02
4	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	4.50E-06	0.00286	0.00157	5515.3	3.6162E-02
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	4.50E-06	0.00286	0.00157	5664.4	3.7140E-02
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	4.50E-06	0.00081	0.00559	26692.9	3.9120E-03
5	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	4.50E-06	0.00081	0.00559	26692.9	3.9120E-03
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	4.50E-06	0.00090	0.00502	31793.4	6.4226E-03
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	4.50E-06	0.00081	0.00559	26692.9	3.9120E-03
6	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	4.50E-06	0.00081	0.00559	26692.9	3.9120E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	4.50E-06	0.00095	0.00475	31793.4	7.5596E-03
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	4.50E-06	0.00081	0.00559	26692.9	3.9120E-03
7	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	4.50E-06	0.00081	0.00559	26692.9	3.9120E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	4.50E-06	0.00095	0.00475	31793.4	7.5596E-03

2 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
1	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

2 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

2 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	3.00E-06	0.00065	0.00465	32952.9	8.3452E-03
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	3.00E-06	0.00065	0.00465	32952.9	8.3452E-03
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	3.00E-06	0.00112	0.00268	21195.6	2.8128E-02
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-06	0.00081	0.00372	17795.3	8.8020E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-06	0.00081	0.00372	17795.3	8.8020E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.00E-06	0.00095	0.00317	21195.6	1.7009E-02
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.00E-06	0.00286	0.00105	3676.9	8.1365E-02
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.00E-06	0.00286	0.00105	3676.9	8.1365E-02
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	3.00E-06	0.00286	0.00105	3776.3	8.3565E-02
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.00E-06	0.00286	0.00105	3676.9	8.1365E-02
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	3.00E-06	0.00286	0.00105	3676.9	8.1365E-02
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	3.00E-06	0.00286	0.00105	3776.3	8.3565E-02
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-06	0.00081	0.00372	17795.3	8.8020E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-06	0.00081	0.00372	17795.3	8.8020E-03
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	3.00E-06	0.00090	0.00335	21195.6	1.4451E-02
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-06	0.00081	0.00372	17795.3	8.8020E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-06	0.00081	0.00372	17795.3	8.8020E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.00E-06	0.00095	0.00317	21195.6	1.7009E-02
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-06	0.00081	0.00372	17795.3	8.8020E-03
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	3.00E-06	0.00081	0.00372	17795.3	8.8020E-03
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	3.00E-06	0.00095	0.00317	21195.6	1.7009E-02

1 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficientes de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Específico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

1 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.50E-06	0.00065	0.00233	16476.4	3.3381E-02
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	1.50E-06	0.00065	0.00233	16476.4	3.3381E-02
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	1.50E-06	0.00112	0.00134	10597.8	1.1251E-01
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-06	0.00081	0.00186	8897.6	3.5208E-02
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-06	0.00081	0.00186	8897.6	3.5208E-02
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-06	0.00095	0.00158	10597.8	6.8036E-02
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-06	0.00286	0.00052	1838.4	3.2546E-01
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-06	0.00286	0.00052	1838.4	3.2546E-01
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.50E-06	0.00286	0.00052	1888.1	3.3426E-01
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-06	0.00286	0.00052	1838.4	3.2546E-01
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	1.50E-06	0.00286	0.00052	1838.4	3.2546E-01
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	1.50E-06	0.00286	0.00052	1888.1	3.3426E-01
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-06	0.00081	0.00186	8897.6	3.5208E-02
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-06	0.00081	0.00186	8897.6	3.5208E-02
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	1.50E-06	0.00090	0.00167	10597.8	5.7803E-02
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-06	0.00081	0.00186	8897.6	3.5208E-02
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-06	0.00081	0.00186	8897.6	3.5208E-02
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-06	0.00095	0.00158	10597.8	6.8036E-02

1 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-06	0.00081	0.00186	8897.6	3.5208E-02
7	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	1.50E-06	0.00081	0.00186	8897.6	3.5208E-02
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	1.50E-06	0.00095	0.00158	10597.8	6.8036E-02

Para determinar la rapidez de transferencia de calor por convección (q) dentro de la caja de enfriamiento, se utiliza la ecuación de enfriamiento de Newton:

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

donde, h = Coeficiente de Convección Térmica (W/m² K)

A = Área de Contacto (m²)

T_s = Temperatura de la Superficie (K)

T_∞ = Temperatura del Fluido (K)

Es necesario para calcular la rapidez de transferencia de calor determinar el coeficiente de convección. Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\overline{h_L} = \frac{k}{L} * \overline{Nu_L}$$

donde, k = Coeficiente de Conductividad Térmica (W/m K)

L = Longitud (m)

Nu_L = Número de Nusselt

El número de Nusselt se determina con la siguiente ecuación, para flujo laminar:

$$\overline{Nu_L} = 0.664 * N_{RL}^{1/2} * Pr^{1/3}$$

donde, N_{RL} = Número de Reynolds

Pr = Número de Prandtl

El número de Nusselt se determina con los parámetros:

$$0.6 < Pr < 60$$

$$5 \times 10^5 < N_{RL} \leq 10^8$$

$$A \leq 0.037 * N_R^{(4/5)}$$

correspondientes a un flujo mezclado (laminar-turbulento):

$$\overline{Nu}_L = 0.037 * N_{RL}^{(4/5)} * Pr^{1/3}$$

Los valores para los diferentes cálculos se toman de la Tabla A.2. a la temperatura de la película (T_f).

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

El área superficial de contacto se toma a partir de los planos correspondientes a cada caja de enfriamiento.

Por motivo de espacio, los valores que se utilizan para el cálculo de la rapidez de transferencia de calor son una continuación de la Tabla D.1.a. Los cálculos y datos faltantes se presentan en la Tabla D.1.b. para los molinos⁴⁴.

La conversión que se utiliza se ejemplifica en la siguiente ecuación:

$$1Watt = \frac{1BTU/h}{0.293Watt}$$

⁴⁴ Nota: Se presenta un extremo del molino, debido a que se supone que son iguales los dos extremos

Tabla D.1.b.*
Rapidez de Transferencia de Calor

150 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	Cañera	3.770	0.64	1624.6473	251.7855	0.199054	501.1901
	Bagacera	3.770	0.64	1624.6473	251.7855	0.199054	501.1901
	Superior	3.770	0.64	1302.9721	180.7479	0.215434	389.3917
2	Cañera	3.770	0.64	1193.8923	274.1035	0.149675	410.2637
	Bagacera	3.770	0.64	1193.8923	274.1035	0.149675	410.2637
	Superior	3.770	0.64	1302.9721	213.7431	0.157582	336.8207
3	Cañera	3.770	0.64	542.6884	169.8638	0.257661	437.6725
	Bagacera	3.770	0.64	542.6884	169.8638	0.257661	437.6725
	Superior	3.770	0.64	549.9781	167.6124	0.257661	431.8713
4	Cañera	3.770	0.64	542.6884	169.8638	0.257661	437.6725
	Bagacera	3.770	0.64	542.6884	169.8638	0.257661	437.6725
	Superior	3.770	0.64	549.9781	167.6124	0.257661	431.8713
5	Cañera	3.770	0.64	1193.8923	274.1035	0.149675	410.2637
	Bagacera	3.770	0.64	1193.8923	274.1035	0.149675	410.2637
	Superior	3.770	0.64	1302.9721	225.6772	0.141356	319.0092
6	Cañera	3.770	0.64	1193.8923	274.1035	0.149675	410.2637
	Bagacera	3.770	0.64	1193.8923	274.1035	0.149675	410.2637
	Superior	3.770	0.64	1302.9721	213.7431	0.157582	336.8207
7	Cañera	3.770	0.64	1193.8923	274.1035	0.149675	410.2637
	Bagacera	3.770	0.64	1193.8923	274.1035	0.149675	410.2637
	Superior	3.770	0.64	1302.9721	213.7431	0.157582	336.8207

125 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	Cañera	3.770	0.64	1483.0933	229.8477	0.199054	457.5219
	Bagacera	3.770	0.64	1483.0933	229.8477	0.199054	457.5219
	Superior	3.770	0.64	1189.4453	164.9995	0.215434	355.4644
2	Cañera	3.770	0.64	1089.8695	250.2212	0.149675	374.5178
	Bagacera	3.770	0.64	1089.8695	250.2212	0.149675	374.5178
	Superior	3.770	0.64	1189.4453	195.1198	0.157582	307.4739
3	Cañera	3.770	0.64	495.4045	155.0638	0.257661	399.5385
	Bagacera	3.770	0.64	495.4045	155.0638	0.257661	399.5385
	Superior	3.770	0.64	502.0590	153.0085	0.257661	394.2428
4	Cañera	3.770	0.64	495.4045	155.0638	0.257661	399.5385
	Bagacera	3.770	0.64	495.4045	155.0638	0.257661	399.5385
	Superior	3.770	0.64	502.0590	153.0085	0.257661	394.2428
5	Cañera	3.770	0.64	1089.8695	250.2212	0.149675	374.5178
	Bagacera	3.770	0.64	1089.8695	250.2212	0.149675	374.5178
	Superior	3.770	0.64	1189.4453	206.0141	0.141356	291.2142

125 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	1089.8695	250.2212	0.149675	374.5178
6	Bagacera	3.770	0.64	1089.8695	250.2212	0.149675	374.5178
	Superior	3.770	0.64	1189.4453	195.1198	0.157582	307.4739
	Cañera	3.770	0.64	1089.8695	250.2212	0.149675	374.5178
7	Bagacera	3.770	0.64	1089.8695	250.2212	0.149675	374.5178
	Superior	3.770	0.64	1189.4453	195.1198	0.157582	307.4739

100 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	1326.5190	205.5820	0.199054	409.2200
1	Bagacera	3.770	0.64	1326.5190	205.5820	0.199054	409.2200
	Superior	3.770	0.64	1063.8722	147.5800	0.215434	317.9370
	Cañera	3.770	0.64	974.8090	223.8046	0.149675	334.9789
2	Bagacera	3.770	0.64	974.8090	223.8046	0.149675	334.9789
	Superior	3.770	0.64	1063.8722	174.5205	0.157582	275.0130
	Cañera	3.770	0.64	443.1032	138.6932	0.257661	357.3581
3	Bagacera	3.770	0.64	443.1032	138.6932	0.257661	357.3581
	Superior	3.770	0.64	449.0552	136.8549	0.257661	352.6215
	Cañera	3.770	0.64	443.1032	138.6932	0.257661	357.3581
4	Bagacera	3.770	0.64	443.1032	138.6932	0.257661	357.3581
	Superior	3.770	0.64	449.0552	136.8549	0.257661	352.6215
	Cañera	3.770	0.64	974.8090	223.8046	0.149675	334.9789
5	Bagacera	3.770	0.64	974.8090	223.8046	0.149675	334.9789
	Superior	3.770	0.64	1063.8722	184.2647	0.141356	260.4699
	Cañera	3.770	0.64	974.8090	223.8046	0.149675	334.9789
6	Bagacera	3.770	0.64	974.8090	223.8046	0.149675	334.9789
	Superior	3.770	0.64	1063.8722	174.5205	0.157582	275.0130
	Cañera	3.770	0.64	974.8090	223.8046	0.149675	334.9789
7	Bagacera	3.770	0.64	974.8090	223.8046	0.149675	334.9789
	Superior	3.770	0.64	1063.8722	174.5205	0.157582	275.0130

75 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	1148.7991	178.0392	0.199054	354.3949
1	Bagacera	3.770	0.64	1148.7991	178.0392	0.199054	354.3949
	Superior	3.770	0.64	921.3404	127.8080	0.215434	275.3415
	Cañera	3.770	0.64	844.2093	193.8205	0.149675	290.1002
2	Bagacera	3.770	0.64	844.2093	193.8205	0.149675	290.1002
	Superior	3.770	0.64	921.3404	151.1392	0.157582	238.1682

75 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	383.7386	120.1119	0.257661	309.4812
3	Bagacera	3.770	0.64	383.7386	120.1119	0.257661	309.4812
	Superior	3.770	0.64	388.8932	118.5198	0.257661	305.3791
	Cañera	3.770	0.64	383.7386	120.1119	0.257661	309.4812
4	Bagacera	3.770	0.64	383.7386	120.1119	0.257661	309.4812
	Superior	3.770	0.64	388.8932	118.5198	0.257661	305.3791
	Cañera	3.770	0.64	844.2093	193.8205	0.149675	290.1002
5	Bagacera	3.770	0.64	844.2093	193.8205	0.149675	290.1002
	Superior	3.770	0.64	921.3404	159.5779	0.141356	225.5736
	Cañera	3.770	0.64	844.2093	193.8205	0.149675	290.1002
6	Bagacera	3.770	0.64	844.2093	193.8205	0.149675	290.1002
	Superior	3.770	0.64	921.3404	151.1392	0.157582	238.1682
	Cañera	3.770	0.64	844.2093	193.8205	0.149675	290.1002
7	Bagacera	3.770	0.64	844.2093	193.8205	0.149675	290.1002
	Superior	3.770	0.64	921.3404	151.1392	0.157582	238.1682

50 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	937.9906	145.3684	0.199054	289.3622
1	Bagacera	3.770	0.64	937.9906	145.3684	0.199054	289.3622
	Superior	3.770	0.64	752.2713	104.3548	0.215434	224.8154
	Cañera	3.770	0.64	689.2940	158.2538	0.149675	236.8659
2	Bagacera	3.770	0.64	689.2940	158.2538	0.149675	236.8659
	Superior	3.770	0.64	752.2713	123.4046	0.157582	194.4635
	Cañera	3.770	0.64	313.3213	98.0709	0.257661	252.6903
3	Bagacera	3.770	0.64	313.3213	98.0709	0.257661	252.6903
	Superior	3.770	0.64	317.5300	96.7710	0.257661	249.3410
	Cañera	3.770	0.64	313.3213	98.0709	0.257661	252.6903
4	Bagacera	3.770	0.64	313.3213	98.0709	0.257661	252.6903
	Superior	3.770	0.64	317.5300	96.7710	0.257661	249.3410
	Cañera	3.770	0.64	689.2940	158.2538	0.149675	236.8659
5	Bagacera	3.770	0.64	689.2940	158.2538	0.149675	236.8659
	Superior	3.770	0.64	752.2713	130.2948	0.141356	184.1801
	Cañera	3.770	0.64	689.2940	158.2538	0.149675	236.8659
6	Bagacera	3.770	0.64	689.2940	158.2538	0.149675	236.8659
	Superior	3.770	0.64	752.2713	123.4046	0.157582	194.4635
	Cañera	3.770	0.64	689.2940	158.2538	0.149675	236.8659
7	Bagacera	3.770	0.64	689.2940	158.2538	0.149675	236.8659
	Superior	3.770	0.64	752.2713	123.4046	0.157582	194.4635

25 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	Cañera	3.770	0.64	663.2595	102.7910	0.199054	204.6100
	Bagacera	3.770	0.64	663.2595	102.7910	0.199054	204.6100
	Superior	3.770	0.64	531.9361	73.7900	0.215434	158.9685
2	Cañera	3.770	0.64	487.4045	111.9023	0.149675	167.4895
	Bagacera	3.770	0.64	487.4045	111.9023	0.149675	167.4895
	Superior	3.770	0.64	531.9361	87.2602	0.157582	137.5065
3	Cañera	3.770	0.64	221.5516	69.3466	0.257661	178.6790
	Bagacera	3.770	0.64	221.5516	69.3466	0.257661	178.6790
	Superior	3.770	0.64	224.5276	68.4275	0.257661	176.3107
4	Cañera	3.770	0.64	221.5516	69.3466	0.257661	178.6790
	Bagacera	3.770	0.64	221.5516	69.3466	0.257661	178.6790
	Superior	3.770	0.64	224.5276	68.4275	0.257661	176.3107
5	Cañera	3.770	0.64	487.4045	111.9023	0.149675	167.4895
	Bagacera	3.770	0.64	487.4045	111.9023	0.149675	167.4895
	Superior	3.770	0.64	531.9361	92.1323	0.141356	130.2350
6	Cañera	3.770	0.64	487.4045	111.9023	0.149675	167.4895
	Bagacera	3.770	0.64	487.4045	111.9023	0.149675	167.4895
	Superior	3.770	0.64	531.9361	87.2602	0.157582	137.5065
7	Cañera	3.770	0.64	487.4045	111.9023	0.149675	167.4895
	Bagacera	3.770	0.64	487.4045	111.9023	0.149675	167.4895
	Superior	3.770	0.64	531.9361	87.2602	0.157582	137.5065

20 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	Cañera	3.770	0.64	593.2373	91.9391	0.199054	183.0087
	Bagacera	3.770	0.64	593.2373	91.9391	0.199054	183.0087
	Superior	3.770	0.64	475.7781	65.9998	0.215434	142.1858
2	Cañera	3.770	0.64	435.9478	100.0885	0.149675	149.8071
	Bagacera	3.770	0.64	435.9478	100.0885	0.149675	149.8071
	Superior	3.770	0.64	475.7781	78.0479	0.157582	122.9895
3	Cañera	3.770	0.64	198.1618	62.0255	0.257661	159.8154
	Bagacera	3.770	0.64	198.1618	62.0255	0.257661	159.8154
	Superior	3.770	0.64	200.8236	61.2034	0.257661	157.6971
4	Cañera	3.770	0.64	198.1618	62.0255	0.257661	159.8154
	Bagacera	3.770	0.64	198.1618	62.0255	0.257661	159.8154
	Superior	3.770	0.64	200.8236	61.2034	0.257661	157.6971
5	Cañera	3.770	0.64	435.9478	100.0885	0.149675	149.8071
	Bagacera	3.770	0.64	435.9478	100.0885	0.149675	149.8071
	Superior	3.770	0.64	475.7781	82.4057	0.141356	116.4857

20 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	435.9478	100.0885	0.149675	149.8071
6	Bagacera	3.770	0.64	435.9478	100.0885	0.149675	149.8071
	Superior	3.770	0.64	475.7781	78.0479	0.157582	122.9895
	Cañera	3.770	0.64	435.9478	100.0885	0.149675	149.8071
7	Bagacera	3.770	0.64	435.9478	100.0885	0.149675	149.8071
	Superior	3.770	0.64	475.7781	78.0479	0.157582	122.9895

15 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	513.7586	79.6216	0.199054	158.4902
1	Bagacera	3.770	0.64	513.7586	79.6216	0.199054	158.4902
	Superior	3.770	0.64	412.0359	57.1575	0.215434	123.1365
	Cañera	3.770	0.64	377.5419	86.6792	0.149675	129.7368
2	Bagacera	3.770	0.64	377.5419	86.6792	0.149675	129.7368
	Superior	3.770	0.64	412.0359	67.5915	0.157582	106.5121
	Cañera	3.770	0.64	171.6131	53.7157	0.257661	138.4042
3	Bagacera	3.770	0.64	171.6131	53.7157	0.257661	138.4042
	Superior	3.770	0.64	173.9183	53.0037	0.257661	136.5697
	Cañera	3.770	0.64	171.6131	53.7157	0.257661	138.4042
4	Bagacera	3.770	0.64	171.6131	53.7157	0.257661	138.4042
	Superior	3.770	0.64	173.9183	53.0037	0.257661	136.5697
	Cañera	3.770	0.64	377.5419	86.6792	0.149675	129.7368
5	Bagacera	3.770	0.64	377.5419	86.6792	0.149675	129.7368
	Superior	3.770	0.64	412.0359	71.3654	0.141356	100.8796
	Cañera	3.770	0.64	377.5419	86.6792	0.149675	129.7368
6	Bagacera	3.770	0.64	377.5419	86.6792	0.149675	129.7368
	Superior	3.770	0.64	412.0359	67.5915	0.157582	106.5121
	Cañera	3.770	0.64	377.5419	86.6792	0.149675	129.7368
7	Bagacera	3.770	0.64	377.5419	86.6792	0.149675	129.7368
	Superior	3.770	0.64	412.0359	67.5915	0.157582	106.5121

10 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	419.4821	65.0107	0.199054	129.4067
1	Bagacera	3.770	0.64	419.4821	65.0107	0.199054	129.4067
	Superior	3.770	0.64	336.4259	46.6689	0.215434	100.5405
	Cañera	3.770	0.64	308.2617	70.7732	0.149675	105.9296
2	Bagacera	3.770	0.64	308.2617	70.7732	0.149675	105.9296
	Superior	3.770	0.64	336.4259	55.1882	0.157582	86.9667

10 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	140.1215	43.8587	0.257661	113.0065
3	Bagacera	3.770	0.64	140.1215	43.8587	0.257661	113.0065
	Superior	3.770	0.64	142.0037	43.2773	0.257661	111.5087
	Cañera	3.770	0.64	140.1215	43.8587	0.257661	113.0065
4	Bagacera	3.770	0.64	140.1215	43.8587	0.257661	113.0065
	Superior	3.770	0.64	142.0037	43.2773	0.257661	111.5087
	Cañera	3.770	0.64	308.2617	70.7732	0.149675	105.9296
5	Bagacera	3.770	0.64	308.2617	70.7732	0.149675	105.9296
	Superior	3.770	0.64	336.4259	58.2696	0.141356	82.3678
	Cañera	3.770	0.64	308.2617	70.7732	0.149675	105.9296
6	Bagacera	3.770	0.64	308.2617	70.7732	0.149675	105.9296
	Superior	3.770	0.64	336.4259	55.1882	0.157582	86.9667
	Cañera	3.770	0.64	308.2617	70.7732	0.149675	105.9296
7	Bagacera	3.770	0.64	308.2617	70.7732	0.149675	105.9296
	Superior	3.770	0.64	336.4259	55.1882	0.157582	86.9667

5 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	296.6187	45.9695	0.199054	91.5044
1	Bagacera	3.770	0.64	296.6187	45.9695	0.199054	91.5044
	Superior	3.770	0.64	237.8891	32.9999	0.215434	71.0929
	Cañera	3.770	0.64	217.9739	50.0442	0.149675	74.9036
2	Bagacera	3.770	0.64	217.9739	50.0442	0.149675	74.9036
	Superior	3.770	0.64	237.8891	39.0240	0.157582	61.4948
	Cañera	3.770	0.64	99.0809	31.0128	0.257661	79.9077
3	Bagacera	3.770	0.64	99.0809	31.0128	0.257661	79.9077
	Superior	3.770	0.64	100.4118	30.6017	0.257661	78.8486
	Cañera	3.770	0.64	99.0809	31.0128	0.257661	79.9077
4	Bagacera	3.770	0.64	99.0809	31.0128	0.257661	79.9077
	Superior	3.770	0.64	100.4118	30.6017	0.257661	78.8486
	Cañera	3.770	0.64	217.9739	50.0442	0.149675	74.9036
5	Bagacera	3.770	0.64	217.9739	50.0442	0.149675	74.9036
	Superior	3.770	0.64	237.8891	41.2028	0.141356	58.2428
	Cañera	3.770	0.64	217.9739	50.0442	0.149675	74.9036
6	Bagacera	3.770	0.64	217.9739	50.0442	0.149675	74.9036
	Superior	3.770	0.64	237.8891	39.0240	0.157582	61.4948
	Cañera	3.770	0.64	217.9739	50.0442	0.149675	74.9036
7	Bagacera	3.770	0.64	217.9739	50.0442	0.149675	74.9036
	Superior	3.770	0.64	237.8891	39.0240	0.157582	61.4948

4 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	Cañera	3.770	0.64	265.3038	41.1164	0.199054	81.8440
1	Bagacera	3.770	0.64	265.3038	41.1164	0.199054	81.8440
	Superior	3.770	0.64	212.7744	29.5160	0.215434	63.5874
2	Cañera	3.770	0.64	194.9618	44.7609	0.149675	66.9958
2	Bagacera	3.770	0.64	194.9618	44.7609	0.149675	66.9958
	Superior	3.770	0.64	212.7744	34.9041	0.157582	55.0026
3	Cañera	3.770	0.64	88.6206	27.7386	0.257661	71.4716
3	Bagacera	3.770	0.64	88.6206	27.7386	0.257661	71.4716
	Superior	3.770	0.64	89.8110	27.3710	0.257661	70.5243
4	Cañera	3.770	0.64	88.6206	27.7386	0.257661	71.4716
4	Bagacera	3.770	0.64	88.6206	27.7386	0.257661	71.4716
	Superior	3.770	0.64	89.8110	27.3710	0.257661	70.5243
5	Cañera	3.770	0.64	194.9618	44.7609	0.149675	66.9958
5	Bagacera	3.770	0.64	194.9618	44.7609	0.149675	66.9958
	Superior	3.770	0.64	212.7744	36.8529	0.141356	52.0940
6	Cañera	3.770	0.64	194.9618	44.7609	0.149675	66.9958
6	Bagacera	3.770	0.64	194.9618	44.7609	0.149675	66.9958
	Superior	3.770	0.64	212.7744	34.9041	0.157582	55.0026
7	Cañera	3.770	0.64	194.9618	44.7609	0.149675	66.9958
7	Bagacera	3.770	0.64	194.9618	44.7609	0.149675	66.9958
	Superior	3.770	0.64	212.7744	34.9041	0.157582	55.0026

3 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	Cañera	3.770	0.64	229.7598	35.6078	0.199054	70.8790
1	Bagacera	3.770	0.64	229.7598	35.6078	0.199054	70.8790
	Superior	3.770	0.64	184.2681	25.5616	0.215434	55.0683
2	Cañera	3.770	0.64	168.8419	38.7641	0.149675	58.0200
2	Bagacera	3.770	0.64	168.8419	38.7641	0.149675	58.0200
	Superior	3.770	0.64	184.2681	30.2278	0.157582	47.6336
3	Cañera	3.770	0.64	76.7477	24.0224	0.257661	61.8962
3	Bagacera	3.770	0.64	76.7477	24.0224	0.257661	61.8962
	Superior	3.770	0.64	77.7786	23.7040	0.257661	61.0758
4	Cañera	3.770	0.64	76.7477	24.0224	0.257661	61.8962
4	Bagacera	3.770	0.64	76.7477	24.0224	0.257661	61.8962
	Superior	3.770	0.64	77.7786	23.7040	0.257661	61.0758
5	Cañera	3.770	0.64	168.8419	38.7641	0.149675	58.0200
5	Bagacera	3.770	0.64	168.8419	38.7641	0.149675	58.0200
	Superior	3.770	0.64	184.2681	31.9156	0.141356	45.1147

3 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	168.8419	38.7641	0.149675	58.0200
6	Bagacera	3.770	0.64	168.8419	38.7641	0.149675	58.0200
	Superior	3.770	0.64	184.2681	30.2278	0.157582	47.6336
	Cañera	3.770	0.64	168.8419	38.7641	0.149675	58.0200
7	Bagacera	3.770	0.64	168.8419	38.7641	0.149675	58.0200
	Superior	3.770	0.64	184.2681	30.2278	0.157582	47.6336

2 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	187.5981	29.0737	0.199054	57.8724
1	Bagacera	3.770	0.64	187.5981	29.0737	0.199054	57.8724
	Superior	3.770	0.64	150.4543	20.8710	0.215434	44.9631
	Cañera	3.770	0.64	137.8588	31.6508	0.149675	47.3732
2	Bagacera	3.770	0.64	137.8588	31.6508	0.149675	47.3732
	Superior	3.770	0.64	150.4543	24.6809	0.157582	38.8927
	Cañera	3.770	0.64	62.6643	19.6142	0.257661	50.5381
3	Bagacera	3.770	0.64	62.6643	19.6142	0.257661	50.5381
	Superior	3.770	0.64	63.5060	19.3542	0.257661	49.8682
	Cañera	3.770	0.64	62.6643	19.6142	0.257661	50.5381
4	Bagacera	3.770	0.64	62.6643	19.6142	0.257661	50.5381
	Superior	3.770	0.64	63.5060	19.3542	0.257661	49.8682
	Cañera	3.770	0.64	137.8588	31.6508	0.149675	47.3732
5	Bagacera	3.770	0.64	137.8588	31.6508	0.149675	47.3732
	Superior	3.770	0.64	150.4543	26.0590	0.141356	36.8360
	Cañera	3.770	0.64	137.8588	31.6508	0.149675	47.3732
6	Bagacera	3.770	0.64	137.8588	31.6508	0.149675	47.3732
	Superior	3.770	0.64	150.4543	24.6809	0.157582	38.8927
	Cañera	3.770	0.64	137.8588	31.6508	0.149675	47.3732
7	Bagacera	3.770	0.64	137.8588	31.6508	0.149675	47.3732
	Superior	3.770	0.64	150.4543	24.6809	0.157582	38.8927

1 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	132.6519	20.5582	0.199054	40.9220
1	Bagacera	3.770	0.64	132.6519	20.5582	0.199054	40.9220
	Superior	3.770	0.64	106.3872	14.7580	0.215434	31.7937
	Cañera	3.770	0.64	97.4809	22.3805	0.149675	33.4979
2	Bagacera	3.770	0.64	97.4809	22.3805	0.149675	33.4979
	Superior	3.770	0.64	106.3872	17.4520	0.157582	27.5013

1 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
	Cañera	3.770	0.64	44.3103	13.8693	0.257661	35.7358
3	Bagacera	3.770	0.64	44.3103	13.8693	0.257661	35.7358
	Superior	3.770	0.64	44.9055	13.6855	0.257661	35.2621
	Cañera	3.770	0.64	44.3103	13.8693	0.257661	35.7358
4	Bagacera	3.770	0.64	44.3103	13.8693	0.257661	35.7358
	Superior	3.770	0.64	44.9055	13.6855	0.257661	35.2621
	Cañera	3.770	0.64	97.4809	22.3805	0.149675	33.4979
5	Bagacera	3.770	0.64	97.4809	22.3805	0.149675	33.4979
	Superior	3.770	0.64	106.3872	18.4265	0.141356	26.0470
	Cañera	3.770	0.64	97.4809	22.3805	0.149675	33.4979
6	Bagacera	3.770	0.64	97.4809	22.3805	0.149675	33.4979
	Superior	3.770	0.64	106.3872	17.4520	0.157582	27.5013
	Cañera	3.770	0.64	97.4809	22.3805	0.149675	33.4979
7	Bagacera	3.770	0.64	97.4809	22.3805	0.149675	33.4979
	Superior	3.770	0.64	106.3872	17.4520	0.157582	27.5013

* Continuación de la Tabla D.1.a.

El efecto total de transferencia de calor por convección hacia el refrigerante, resulta en el incremento de la temperatura del fluido.

La temperatura final del fluido se calcula a partir de la ecuación de eficiencia:

$$\varepsilon \equiv \frac{q}{q_{MÁX}}$$

donde, ε = Eficiencia

q = Rapidez de Transferencia de Calor (real)

$q_{MÁX}$ = Rapidez de Transferencia de Calor (máxima)

al utilizar el valor de la Tabla D.1.b y calculando el valor de rapidez de transferencia de calor a partir de:

$$q_{MÁX} = C_{\min}(T_{h,i} - T_{c,i})$$

donde, C_{\min} = Capacitancia Térmica del Fluido (W/K)_{mínima}

$T_{h,i}$ = Temperatura de Entrada del Fluido (K)

$T_{c,i}$ = *Temperatura Inicial de la Superficie (K)*

utilizando la definición de eficiencia tenemos:

$$\varepsilon = \frac{C_c(T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})}$$

donde, C_c = *Capacitancia del Fluido (W/K)_{más frío}*

$T_{h,o}$ = *Temperatura de Salida del Fluido (K)*

$T_{c,o}$ = *Temperatura Final de la Superficie (K)*

Se sabe que, $C_{min} = C_c$, obtenemos para la temperatura final, la siguiente ecuación:

$$T_{c,o} = T_{c,i} + \varepsilon(T_{h,i} - T_{c,i})$$

Los cálculos para la temperatura final del refrigerante se presentan en la Tabla D.1.c. para los molinos. El promedio de los resultados en forma resumida se encuentra en la Tabla 3.2.

Los valores que se utilizan para el cálculo del calor entregado al refrigerante se encuentran en las Tabla D.1.a y D.1.b, la Tabla D.1.c es una continuación de las anteriores.

La conversión que se utiliza se ejemplifica en la siguiente ecuación:

$$^{\circ}F = \left(\frac{9}{5} * ^{\circ}C \right) + 32$$

donde, $^{\circ}F$ = *Grados Fahrenheit*

$^{\circ}C$ = *Grados Centígrados*

Tabla D.1.c.*
Calor entregado al Refrigerante

150 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.2247	4.1798	0.053375	25.533745	77.960742
	Bagacera	0.2247	4.1798	0.053375	25.533745	77.960742
	Superior	0.2247	4.1798	0.041469	25.414685	77.746433
2	Cañera	0.2247	4.1798	0.043691	25.436913	77.786443
	Bagacera	0.2247	4.1798	0.043691	25.436913	77.786443
	Superior	0.2247	4.1798	0.035870	25.358699	77.645659
3	Cañera	0.2247	4.1798	0.046610	25.466102	77.838983
	Bagacera	0.2247	4.1798	0.046610	25.466102	77.838983
	Superior	0.2247	4.1798	0.045992	25.459924	77.827863
4	Cañera	0.2247	4.1798	0.046610	25.466102	77.838983
	Bagacera	0.2247	4.1798	0.046610	25.466102	77.838983
	Superior	0.2247	4.1798	0.045992	25.459924	77.827863
5	Cañera	0.2247	4.1798	0.043691	25.436913	77.786443
	Bagacera	0.2247	4.1798	0.043691	25.436913	77.786443
	Superior	0.2247	4.1798	0.033973	25.339731	77.611515
6	Cañera	0.2247	4.1798	0.043691	25.436913	77.786443
	Bagacera	0.2247	4.1798	0.043691	25.436913	77.786443
	Superior	0.2247	4.1798	0.035870	25.358699	77.645659
7	Cañera	0.2247	4.1798	0.043691	25.436913	77.786443
	Bagacera	0.2247	4.1798	0.043691	25.436913	77.786443
	Superior	0.2247	4.1798	0.035870	25.358699	77.645659
Promedio				0.043703	Promedio	77.786648

125 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.1872	4.1798	0.058469	25.584689	78.052440
	Bagacera	0.1872	4.1798	0.058469	25.584689	78.052440
	Superior	0.1872	4.1798	0.045426	25.454265	77.817677
2	Cañera	0.1872	4.1798	0.047861	25.478614	77.861505
	Bagacera	0.1872	4.1798	0.047861	25.478614	77.861505
	Superior	0.1872	4.1798	0.039294	25.392935	77.707284
3	Cañera	0.1872	4.1798	0.051059	25.510589	77.919060
	Bagacera	0.1872	4.1798	0.051059	25.510589	77.919060
	Superior	0.1872	4.1798	0.050382	25.503821	77.906879
4	Cañera	0.1872	4.1798	0.051059	25.510589	77.919060
	Bagacera	0.1872	4.1798	0.051059	25.510589	77.919060
	Superior	0.1872	4.1798	0.050382	25.503821	77.906879

125 GPM							
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)	
5	Cañera	0.1872	4.1798	0.047861	25.478614	77.861505	
	Bagacera	0.1872	4.1798	0.047861	25.478614	77.861505	
	Superior	0.1872	4.1798	0.037216	25.372156	77.669882	
6	Cañera	0.1872	4.1798	0.047861	25.478614	77.861505	
	Bagacera	0.1872	4.1798	0.047861	25.478614	77.861505	
	Superior	0.1872	4.1798	0.039294	25.392935	77.707284	
7	Cañera	0.1872	4.1798	0.047861	25.478614	77.861505	
	Bagacera	0.1872	4.1798	0.047861	25.478614	77.861505	
	Superior	0.1872	4.1798	0.039294	25.392935	77.707284	
				Promedio	0.047874	Promedio	77.861730

100 GPM							
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)	
1	Cañera	0.1498	4.1798	0.065370	25.653702	78.176664	
	Bagacera	0.1498	4.1798	0.065370	25.653702	78.176664	
	Superior	0.1498	4.1798	0.050788	25.507883	77.914190	
2	Cañera	0.1498	4.1798	0.053511	25.535107	77.963192	
	Bagacera	0.1498	4.1798	0.053511	25.535107	77.963192	
	Superior	0.1498	4.1798	0.043932	25.439315	77.790767	
3	Cañera	0.1498	4.1798	0.057086	25.570856	78.027541	
	Bagacera	0.1498	4.1798	0.057086	25.570856	78.027541	
	Superior	0.1498	4.1798	0.056329	25.563290	78.013921	
4	Cañera	0.1498	4.1798	0.057086	25.570856	78.027541	
	Bagacera	0.1498	4.1798	0.057086	25.570856	78.027541	
	Superior	0.1498	4.1798	0.056329	25.563290	78.013921	
5	Cañera	0.1498	4.1798	0.053511	25.535107	77.963192	
	Bagacera	0.1498	4.1798	0.053511	25.535107	77.963192	
	Superior	0.1498	4.1798	0.041608	25.416084	77.748950	
6	Cañera	0.1498	4.1798	0.053511	25.535107	77.963192	
	Bagacera	0.1498	4.1798	0.053511	25.535107	77.963192	
	Superior	0.1498	4.1798	0.043932	25.439315	77.790767	
7	Cañera	0.1498	4.1798	0.053511	25.535107	77.963192	
	Bagacera	0.1498	4.1798	0.053511	25.535107	77.963192	
	Superior	0.1498	4.1798	0.043932	25.439315	77.790767	
				Promedio	0.053525	Promedio	77.963443

75 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.1123	4.1798	0.075483	25.754830	78.358694
	Bagacera	0.1123	4.1798	0.075483	25.754830	78.358694
	Superior	0.1123	4.1798	0.058645	25.586453	78.055616
2	Cañera	0.1123	4.1798	0.061789	25.617888	78.112198
	Bagacera	0.1123	4.1798	0.061789	25.617888	78.112198
	Superior	0.1123	4.1798	0.050728	25.507277	77.913099
3	Cañera	0.1123	4.1798	0.065917	25.659168	78.186502
	Bagacera	0.1123	4.1798	0.065917	25.659168	78.186502
	Superior	0.1123	4.1798	0.065043	25.650431	78.170775
4	Cañera	0.1123	4.1798	0.065917	25.659168	78.186502
	Bagacera	0.1123	4.1798	0.065917	25.659168	78.186502
	Superior	0.1123	4.1798	0.065043	25.650431	78.170775
5	Cañera	0.1123	4.1798	0.061789	25.617888	78.112198
	Bagacera	0.1123	4.1798	0.061789	25.617888	78.112198
	Superior	0.1123	4.1798	0.048045	25.480452	77.864813
6	Cañera	0.1123	4.1798	0.061789	25.617888	78.112198
	Bagacera	0.1123	4.1798	0.061789	25.617888	78.112198
	Superior	0.1123	4.1798	0.050728	25.507277	77.913099
7	Cañera	0.1123	4.1798	0.061789	25.617888	78.112198
	Bagacera	0.1123	4.1798	0.061789	25.617888	78.112198
	Superior	0.1123	4.1798	0.050728	25.507277	77.913099
Promedio				0.061805	Promedio	78.112489

50 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0749	4.1798	0.092447	25.924474	78.664054
	Bagacera	0.0749	4.1798	0.092447	25.924474	78.664054
	Superior	0.0749	4.1798	0.071826	25.718256	78.292860
2	Cañera	0.0749	4.1798	0.075676	25.756755	78.362159
	Bagacera	0.0749	4.1798	0.075676	25.756755	78.362159
	Superior	0.0749	4.1798	0.062129	25.621285	78.118314
3	Cañera	0.0749	4.1798	0.080731	25.807312	78.453162
	Bagacera	0.0749	4.1798	0.080731	25.807312	78.453162
	Superior	0.0749	4.1798	0.079661	25.796612	78.433901
4	Cañera	0.0749	4.1798	0.080731	25.807312	78.453162
	Bagacera	0.0749	4.1798	0.080731	25.807312	78.453162
	Superior	0.0749	4.1798	0.079661	25.796612	78.433901
5	Cañera	0.0749	4.1798	0.075676	25.756755	78.362159
	Bagacera	0.0749	4.1798	0.075676	25.756755	78.362159
	Superior	0.0749	4.1798	0.058843	25.588431	78.059176

50 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
6	Cañera	0.0749	4.1798	0.075676	25.756755	78.362159
	Bagacera	0.0749	4.1798	0.075676	25.756755	78.362159
	Superior	0.0749	4.1798	0.062129	25.621285	78.118314
7	Cañera	0.0749	4.1798	0.075676	25.756755	78.362159
	Bagacera	0.0749	4.1798	0.075676	25.756755	78.362159
	Superior	0.0749	4.1798	0.062129	25.621285	78.118314
Promedio				0.075695	Promedio	78.362515

25 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0374	4.1798	0.130740	26.307404	79.353327
	Bagacera	0.0374	4.1798	0.130740	26.307404	79.353327
	Superior	0.0374	4.1798	0.101577	26.015767	78.828380
2	Cañera	0.0374	4.1798	0.107021	26.070213	78.926384
	Bagacera	0.0374	4.1798	0.107021	26.070213	78.926384
	Superior	0.0374	4.1798	0.087863	25.878630	78.581534
3	Cañera	0.0374	4.1798	0.114171	26.141712	79.055081
	Bagacera	0.0374	4.1798	0.114171	26.141712	79.055081
	Superior	0.0374	4.1798	0.112658	26.126579	79.027842
4	Cañera	0.0374	4.1798	0.114171	26.141712	79.055081
	Bagacera	0.0374	4.1798	0.114171	26.141712	79.055081
	Superior	0.0374	4.1798	0.112658	26.126579	79.027842
5	Cañera	0.0374	4.1798	0.107021	26.070213	78.926384
	Bagacera	0.0374	4.1798	0.107021	26.070213	78.926384
	Superior	0.0374	4.1798	0.083217	25.832167	78.497901
6	Cañera	0.0374	4.1798	0.107021	26.070213	78.926384
	Bagacera	0.0374	4.1798	0.107021	26.070213	78.926384
	Superior	0.0374	4.1798	0.087863	25.878630	78.581534
7	Cañera	0.0374	4.1798	0.107021	26.070213	78.926384
	Bagacera	0.0374	4.1798	0.107021	26.070213	78.926384
	Superior	0.0374	4.1798	0.087863	25.878630	78.581534
Promedio				0.107049	Promedio	78.926887

20 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0300	4.1798	0.053375	25.533745	77.960742
	Bagacera	0.0300	4.1798	0.053375	25.533745	77.960742
	Superior	0.0300	4.1798	0.041469	25.414685	77.746433

20 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
2	Cañera	0.0300	4.1798	0.146172	26.461722	79.631100
	Bagacera	0.0300	4.1798	0.146172	26.461722	79.631100
	Superior	0.0300	4.1798	0.113566	26.135662	79.044191
3	Cañera	0.0300	4.1798	0.119653	26.196535	79.153763
	Bagacera	0.0300	4.1798	0.119653	26.196535	79.153763
	Superior	0.0300	4.1798	0.098234	25.982338	78.768209
4	Cañera	0.0300	4.1798	0.127647	26.276473	79.297651
	Bagacera	0.0300	4.1798	0.127647	26.276473	79.297651
	Superior	0.0300	4.1798	0.125955	26.259554	79.267197
5	Cañera	0.0300	4.1798	0.127647	26.276473	79.297651
	Bagacera	0.0300	4.1798	0.127647	26.276473	79.297651
	Superior	0.0300	4.1798	0.125955	26.259554	79.267197
6	Cañera	0.0300	4.1798	0.119653	26.196535	79.153763
	Bagacera	0.0300	4.1798	0.119653	26.196535	79.153763
	Superior	0.0300	4.1798	0.093039	25.930391	78.674704
7	Cañera	0.0300	4.1798	0.119653	26.196535	79.153763
	Bagacera	0.0300	4.1798	0.119653	26.196535	79.153763
	Superior	0.0300	4.1798	0.098234	25.982338	78.768209
Promedio				0.119653	Promedio	79.153763

15 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0225	4.1798	0.168785	26.687851	80.038132
	Bagacera	0.0225	4.1798	0.168785	26.687851	80.038132
	Superior	0.0225	4.1798	0.131135	26.311349	79.360429
2	Cañera	0.0225	4.1798	0.138164	26.381640	79.486951
	Bagacera	0.0225	4.1798	0.138164	26.381640	79.486951
	Superior	0.0225	4.1798	0.113431	26.134307	79.041752
3	Cañera	0.0225	4.1798	0.147394	26.473944	79.653099
	Bagacera	0.0225	4.1798	0.147394	26.473944	79.653099
	Superior	0.0225	4.1798	0.145441	26.454407	79.617933
4	Cañera	0.0225	4.1798	0.147394	26.473944	79.653099
	Bagacera	0.0225	4.1798	0.147394	26.473944	79.653099
	Superior	0.0225	4.1798	0.145441	26.454407	79.617933
5	Cañera	0.0225	4.1798	0.138164	26.381640	79.486951
	Bagacera	0.0225	4.1798	0.138164	26.381640	79.486951
	Superior	0.0225	4.1798	0.107432	26.074323	78.933782
6	Cañera	0.0225	4.1798	0.138164	26.381640	79.486951
	Bagacera	0.0225	4.1798	0.138164	26.381640	79.486951
	Superior	0.0225	4.1798	0.113431	26.134307	79.041752

15 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
7	Cañera	0.0225	4.1798	0.138164	26.381640	79.486951
	Bagacera	0.0225	4.1798	0.138164	26.381640	79.486951
	Superior	0.0225	4.1798	0.113431	26.134307	79.041752
Promedio				0.138200	Promedio	79.487600

10 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0150	4.1798	0.206719	27.067187	80.720937
	Bagacera	0.0150	4.1798	0.206719	27.067187	80.720937
	Superior	0.0150	4.1798	0.160607	26.606068	79.890923
2	Cañera	0.0150	4.1798	0.169216	26.692156	80.045881
	Bagacera	0.0150	4.1798	0.169216	26.692156	80.045881
	Superior	0.0150	4.1798	0.138924	26.389236	79.500625
3	Cañera	0.0150	4.1798	0.180521	26.805205	80.249369
	Bagacera	0.0150	4.1798	0.180521	26.805205	80.249369
	Superior	0.0150	4.1798	0.178128	26.781278	80.206300
4	Cañera	0.0150	4.1798	0.180521	26.805205	80.249369
	Bagacera	0.0150	4.1798	0.180521	26.805205	80.249369
	Superior	0.0150	4.1798	0.178128	26.781278	80.206300
5	Cañera	0.0150	4.1798	0.169216	26.692156	80.045881
	Bagacera	0.0150	4.1798	0.169216	26.692156	80.045881
	Superior	0.0150	4.1798	0.131577	26.315772	79.368389
6	Cañera	0.0150	4.1798	0.169216	26.692156	80.045881
	Bagacera	0.0150	4.1798	0.169216	26.692156	80.045881
	Superior	0.0150	4.1798	0.138924	26.389236	79.500625
7	Cañera	0.0150	4.1798	0.169216	26.692156	80.045881
	Bagacera	0.0150	4.1798	0.169216	26.692156	80.045881
	Superior	0.0150	4.1798	0.138924	26.389236	79.500625
Promedio				0.169260	Promedio	80.046675

5 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0075	4.1798	0.292344	27.923444	82.262199
	Bagacera	0.0075	4.1798	0.292344	27.923444	82.262199
	Superior	0.0075	4.1798	0.227132	27.271324	81.088383
2	Cañera	0.0075	4.1798	0.239307	27.393070	81.307526
	Bagacera	0.0075	4.1798	0.239307	27.393070	81.307526
	Superior	0.0075	4.1798	0.196468	26.964677	80.536418

5 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
3	Cañera	0.0075	4.1798	0.255295	27.552945	81.595302
	Bagacera	0.0075	4.1798	0.255295	27.552945	81.595302
	Superior	0.0075	4.1798	0.251911	27.519107	81.534393
4	Cañera	0.0075	4.1798	0.255295	27.552945	81.595302
	Bagacera	0.0075	4.1798	0.255295	27.552945	81.595302
	Superior	0.0075	4.1798	0.251911	27.519107	81.534393
5	Cañera	0.0075	4.1798	0.239307	27.393070	81.307526
	Bagacera	0.0075	4.1798	0.239307	27.393070	81.307526
	Superior	0.0075	4.1798	0.186078	26.860782	80.349408
6	Cañera	0.0075	4.1798	0.239307	27.393070	81.307526
	Bagacera	0.0075	4.1798	0.239307	27.393070	81.307526
	Superior	0.0075	4.1798	0.196468	26.964677	80.536418
7	Cañera	0.0075	4.1798	0.239307	27.393070	81.307526
	Bagacera	0.0075	4.1798	0.239307	27.393070	81.307526
	Superior	0.0075	4.1798	0.196468	26.964677	80.536418
Promedio				0.239369	Promedio	81.308650

4 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0060	4.1798	0.326851	28.268510	82.883318
	Bagacera	0.0060	4.1798	0.326851	28.268510	82.883318
	Superior	0.0060	4.1798	0.253942	27.539417	81.570951
2	Cañera	0.0060	4.1798	0.267553	27.675534	81.815960
	Bagacera	0.0060	4.1798	0.267553	27.675534	81.815960
	Superior	0.0060	4.1798	0.219658	27.196576	80.953836
3	Cañera	0.0060	4.1798	0.285428	27.854280	82.137704
	Bagacera	0.0060	4.1798	0.285428	27.854280	82.137704
	Superior	0.0060	4.1798	0.281645	27.816448	82.069606
4	Cañera	0.0060	4.1798	0.285428	27.854280	82.137704
	Bagacera	0.0060	4.1798	0.285428	27.854280	82.137704
	Superior	0.0060	4.1798	0.281645	27.816448	82.069606
5	Cañera	0.0060	4.1798	0.267553	27.675534	81.815960
	Bagacera	0.0060	4.1798	0.267553	27.675534	81.815960
	Superior	0.0060	4.1798	0.208042	27.080418	80.744752
6	Cañera	0.0060	4.1798	0.267553	27.675534	81.815960
	Bagacera	0.0060	4.1798	0.267553	27.675534	81.815960
	Superior	0.0060	4.1798	0.219658	27.196576	80.953836
7	Cañera	0.0060	4.1798	0.267553	27.675534	81.815960
	Bagacera	0.0060	4.1798	0.267553	27.675534	81.815960
	Superior	0.0060	4.1798	0.219658	27.196576	80.953836
Promedio				0.267623	Promedio	81.817217

3 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0045	4.1798	0.377415	28.774150	83.793470
	Bagacera	0.0045	4.1798	0.377415	28.774150	83.793470
	Superior	0.0045	4.1798	0.293227	27.932266	82.278079
2	Cañera	0.0045	4.1798	0.308944	28.089440	82.560992
	Bagacera	0.0045	4.1798	0.308944	28.089440	82.560992
	Superior	0.0045	4.1798	0.253639	27.536387	81.565497
3	Cañera	0.0045	4.1798	0.329584	28.295838	82.932509
	Bagacera	0.0045	4.1798	0.329584	28.295838	82.932509
	Superior	0.0045	4.1798	0.325215	28.252154	82.853877
4	Cañera	0.0045	4.1798	0.329584	28.295838	82.932509
	Bagacera	0.0045	4.1798	0.329584	28.295838	82.932509
	Superior	0.0045	4.1798	0.325215	28.252154	82.853877
5	Cañera	0.0045	4.1798	0.308944	28.089440	82.560992
	Bagacera	0.0045	4.1798	0.308944	28.089440	82.560992
	Superior	0.0045	4.1798	0.240226	27.402259	81.324067
6	Cañera	0.0045	4.1798	0.308944	28.089440	82.560992
	Bagacera	0.0045	4.1798	0.308944	28.089440	82.560992
	Superior	0.0045	4.1798	0.253639	27.536387	81.565497
7	Cañera	0.0045	4.1798	0.308944	28.089440	82.560992
	Bagacera	0.0045	4.1798	0.308944	28.089440	82.560992
	Superior	0.0045	4.1798	0.253639	27.536387	81.565497
Promedio				0.309025	Promedio	82.562443

2 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0030	4.1798	0.462237	29.622371	85.320268
	Bagacera	0.0030	4.1798	0.462237	29.622371	85.320268
	Superior	0.0030	4.1798	0.359128	28.591278	83.464301
2	Cañera	0.0030	4.1798	0.378378	28.783776	83.810797
	Bagacera	0.0030	4.1798	0.378378	28.783776	83.810797
	Superior	0.0030	4.1798	0.310643	28.106427	82.591568
3	Cañera	0.0030	4.1798	0.403656	29.036561	84.265810
	Bagacera	0.0030	4.1798	0.403656	29.036561	84.265810
	Superior	0.0030	4.1798	0.398306	28.983059	84.169505
4	Cañera	0.0030	4.1798	0.403656	29.036561	84.265810
	Bagacera	0.0030	4.1798	0.403656	29.036561	84.265810
	Superior	0.0030	4.1798	0.398306	28.983059	84.169505

2 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
5	Cañera	0.0030	4.1798	0.378378	28.783776	83.810797
	Bagacera	0.0030	4.1798	0.378378	28.783776	83.810797
	Superior	0.0030	4.1798	0.294215	27.942155	82.295879
6	Cañera	0.0030	4.1798	0.378378	28.783776	83.810797
	Bagacera	0.0030	4.1798	0.378378	28.783776	83.810797
	Superior	0.0030	4.1798	0.310643	28.106427	82.591568
7	Cañera	0.0030	4.1798	0.378378	28.783776	83.810797
	Bagacera	0.0030	4.1798	0.378378	28.783776	83.810797
	Superior	0.0030	4.1798	0.310643	28.106427	82.591568
Promedio				0.378476	Promedio	83.812574

1 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.0015	4.1798	0.653702	31.537020	88.766635
	Bagacera	0.0015	4.1798	0.653702	31.537020	88.766635
	Superior	0.0015	4.1798	0.507883	30.078834	86.141902
2	Cañera	0.0015	4.1798	0.535107	30.351067	86.631921
	Bagacera	0.0015	4.1798	0.535107	30.351067	86.631921
	Superior	0.0015	4.1798	0.439315	29.393151	84.907672
3	Cañera	0.0015	4.1798	0.570856	30.708560	87.275407
	Bagacera	0.0015	4.1798	0.570856	30.708560	87.275407
	Superior	0.0015	4.1798	0.563290	30.632895	87.139212
4	Cañera	0.0015	4.1798	0.570856	30.708560	87.275407
	Bagacera	0.0015	4.1798	0.570856	30.708560	87.275407
	Superior	0.0015	4.1798	0.563290	30.632895	87.139212
5	Cañera	0.0015	4.1798	0.535107	30.351067	86.631921
	Bagacera	0.0015	4.1798	0.535107	30.351067	86.631921
	Superior	0.0015	4.1798	0.416084	29.160835	84.489504
6	Cañera	0.0015	4.1798	0.535107	30.351067	86.631921
	Bagacera	0.0015	4.1798	0.535107	30.351067	86.631921
	Superior	0.0015	4.1798	0.439315	29.393151	84.907672
7	Cañera	0.0015	4.1798	0.535107	30.351067	86.631921
	Bagacera	0.0015	4.1798	0.535107	30.351067	86.631921
	Superior	0.0015	4.1798	0.439315	29.393151	84.907672
Promedio				0.535246	Promedio	86.634434

* Continuación de la Tabla D.1.b.

D.2. Transferencia de Calor por Convección Forzada o Libre⁴⁵

Para determinar si la transferencia de calor por convección es libre o forzada, se sabe que el número de Nusselt (N_{uL}), está en función del número de Reynolds (N_{RL}), Grashof (Gr_L) y Prandtl (Pr) y que esto ocurre cuando los efectos de convección libre y forzada son comparables. Para tales casos se superpone un flujo externo sobre el flujo impulsado por empuje, y existe una velocidad de convección bien definida. Por lo general los efectos combinados de convección libre y forzada se deben considerar cuando $(Gr_L/N_{RL}^2) \approx 1$. Pero si satisface las desigualdades:

- (Gr_L/N_{RL}^2) es mucho menor que 1; los efectos de convección libre se pueden ignorar.
- (Gr_L/N_{RL}^2) es mucho mayor que 1; los efectos de convección forzada se pueden ignorar.

Para determinar el número de Grashof se utiliza la siguiente ecuación:

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2}$$

donde, g = Gravedad (m/s^2)

β = Coeficiente de Expansión (K^{-1})

T_s = Temperatura de la Superficie (K)

T_∞ = Temperatura del Fluido (K)

L = Longitud (m)

ν = Viscosidad Cinética (m^2/s)

Para determinar el número de Reynolds se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_{RL} = \frac{\nu L \rho}{\mu}$$

⁴⁵ **Nota:** Debido a la ausencia de los valores de los coeficientes y propiedades del agua en Sistema Inglés se utilizo el Sistema Internacional para evitar la conversión de todos los valores. Sin embargo, los resultados se presentan en el Sistema Inglés.

donde, $v = \text{Velocidad del Fluido (m/s)}$

$\rho = \text{Densidad del Fluido (kg/m}^3\text{)}$

$\mu = \text{Viscosidad Dinámica (kg m/s)}$

Para determinar los números anteriormente descritos se utiliza los valores de la Tabla A.2. a las temperaturas de película (T_f):

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

Los datos de longitud y área del caudal, se toman a partir de los planos de cada caja de enfriamiento. Los cálculos de la relación se presentan en la Tabla D.2. El promedio de los resultados se presenta en la Tabla 3.3.

Tabla D.2.
Relación de Convección Forzada o Libre

140 GPM									
Molino	Maza	Temperatura de Pared (°C)	Temperatura del Agua (°C)	Temperatura de Película (°C)	Temperatura de Película (K)	Gravedad (m/s ²)	Coefficiente de Expansión (K ⁻¹)	Volumen Especifico (m ³ /kg)	Viscosidad Dinámica (kg/m s)
1	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
2	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
3	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
4	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
5	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
6	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
7	Cañera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Bagacera	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04
	Superior	35	25	30.00	303.15	9.81	4.367E-04	1.011E-03	5.770E-04

140 GPM									
Molino	Maza	Viscosidad Cinética (m ² /s)	Longitud (m)	Número de Grashof	Caudal (m ³ /s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Número de Reynolds	Diferencia Gr/Re ²
1	Cañera	5.833E-07	4.130	9062033.6	2.102E-04	0.00065	0.32584	2306700.7	1.7031E-06
	Bagacera	5.833E-07	4.130	9062033.6	2.102E-04	0.00065	0.32584	2306700.7	1.7031E-06
	Superior	5.833E-07	4.614	12636486.8	2.102E-04	0.00112	0.18760	1483690.3	5.7404E-06
2	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.102E-04	0.00081	0.26068	1245670.9	1.7963E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.102E-04	0.00081	0.26068	1245670.9	1.7963E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.102E-04	0.00095	0.22184	1483690.3	3.4712E-06
3	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.102E-04	0.00286	0.07343	257379.6	1.6605E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.102E-04	0.00286	0.07343	257379.6	1.6605E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	2.102E-04	0.00286	0.07343	264340.6	1.7054E-05
4	Cañera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.102E-04	0.00286	0.07343	257379.6	1.6605E-05
	Bagacera	5.833E-07	2.045	1099991.6	2.102E-04	0.00286	0.07343	257379.6	1.6605E-05
	Superior	5.833E-07	2.100	1191676.7	2.102E-04	0.00286	0.07343	264340.6	1.7054E-05
5	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.102E-04	0.00081	0.26068	1245670.9	1.7963E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.102E-04	0.00081	0.26068	1245670.9	1.7963E-06
	Superior	5.833E-07	3.695	6492064.0	2.102E-04	0.00090	0.23423	1483690.3	2.9491E-06
6	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.102E-04	0.00081	0.26068	1245670.9	1.7963E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.102E-04	0.00081	0.26068	1245670.9	1.7963E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.102E-04	0.00095	0.22184	1483690.3	3.4712E-06
7	Cañera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.102E-04	0.00081	0.26068	1245670.9	1.7963E-06
	Bagacera	5.833E-07	2.788	2787352.8	2.102E-04	0.00081	0.26068	1245670.9	1.7963E-06
	Superior	5.833E-07	3.901	7641342.4	2.102E-04	0.00095	0.22184	1483690.3	3.4712E-06

D.3. Rapidez de Transferencia de Calor⁴⁶

Para determinar la rapidez de transferencia de calor por convección (q) dentro de la caja de enfriamiento, se utiliza la ecuación de enfriamiento de Newton:

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

donde, h = *Coficiente de Convección Térmica (W/m² K)*

A = *Área de Contacto (m²)*

T_s = *Temperatura de la Superficie (K)*

T_∞ = *Temperatura del Fluido (K)*

Es necesario para calcular la rapidez de transferencia de calor determinar el coeficiente de convección. Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\overline{h}_L = \frac{k}{L} * \overline{Nu}_L$$

donde, k = *Coficiente de Conductividad Térmica (W/m K)*

L = *Longitud (m)*

Nu_L = *Número de Nusselt*

El número de Nusselt se determina con la siguiente ecuación, para flujo laminar:

$$\overline{Nu}_L = 0.664 * N_{RL}^{1/2} * Pr^{1/3}$$

donde, N_{RL} = *Número de Reynolds*

Pr = *Número de Prandtl*

⁴⁶ **Nota:** Debido a la ausencia de los valores de los coeficientes y propiedades del agua en Sistema Inglés se utilizo el Sistema Internacional para evitar la conversión de todos los valores. Sin embargo, los resultados se presentan en el Sistema Inglés.

El número de Nusselt se determina con los parámetros:

$$0.6 < Pr < 60$$

$$5 \times 10^5 < N_{RL} \leq 10^8$$

$$A \leq 0.037 * N_R^{(4/5)}$$

correspondientes a un flujo mezclado (laminar-turbulento):

$$\overline{Nu_L} = 0.037 * N_{RL}^{(4/5)} * Pr^{1/3}$$

Los valores para los diferentes cálculos se toman de la Tabla A.2. a la temperatura de la película (T_f).

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

El área superficial de contacto se toma a partir de los planos correspondientes a cada caja de enfriamiento.

Por motivo de espacio, los valores que se utilizan para el cálculo de la rapidez de transferencia de calor son una continuación de la Tabla D.2. Los cálculos y datos faltantes se presentan en la Tabla D.3. Los resultados en forma resumida se encuentra en la Tabla 3.4.

La conversión que se utiliza se ejemplifica en la siguiente ecuación:

$$Watt = \frac{1 BTU/h}{0.293 Watt}$$

Tabla D.3.*
Rapidez de Transferencia de Calor

140 GPM							
Molino	Maza	Número de Prandtl	Conductividad Térmica (W/m K)	Número de Nusselt	Convección Térmica (W/m ² K)	Área Superficial (m ²)	Transferencia de Calor (W)
1	Cañera	3.770	0.64	1569.5584	243.2479	0.199054	484.1956
	Bagacera	3.770	0.64	1569.5584	243.2479	0.199054	484.1956
	Superior	3.770	0.64	1258.7906	174.6190	0.215434	376.1882
2	Cañera	3.770	0.64	1153.4095	264.8092	0.149675	396.3524
	Bagacera	3.770	0.64	1153.4095	264.8092	0.149675	396.3524
	Superior	3.770	0.64	1258.7906	206.4954	0.157582	325.3997
3	Cañera	3.770	0.64	524.2868	164.1041	0.257661	422.8318
	Bagacera	3.770	0.64	524.2868	164.1041	0.257661	422.8318
	Superior	3.770	0.64	531.3293	161.9289	0.257661	417.2273
4	Cañera	3.770	0.64	524.2868	164.1041	0.257661	422.8318
	Bagacera	3.770	0.64	524.2868	164.1041	0.257661	422.8318
	Superior	3.770	0.64	531.3293	161.9289	0.257661	417.2273
5	Cañera	3.770	0.64	1153.4095	264.8092	0.149675	396.3524
	Bagacera	3.770	0.64	1153.4095	264.8092	0.149675	396.3524
	Superior	3.770	0.64	1258.7906	218.0249	0.141356	308.1922
6	Cañera	3.770	0.64	1153.4095	264.8092	0.149675	396.3524
	Bagacera	3.770	0.64	1153.4095	264.8092	0.149675	396.3524
	Superior	3.770	0.64	1258.7906	206.4954	0.157582	325.3997
7	Cañera	3.770	0.64	1153.4095	264.8092	0.149675	396.3524
	Bagacera	3.770	0.64	1153.4095	264.8092	0.149675	396.3524
	Superior	3.770	0.64	1258.7906	206.4954	0.157582	325.3997

* Continuación de la Tabla D.2.

D.4. Calor absorbido por el Refrigerante⁴⁷

El efecto total de transferencia de calor por convección hacia el refrigerante, resulta en el incremento de la temperatura del fluido.

La temperatura final del fluido se calcula a partir de la ecuación de eficiencia:

$$\varepsilon \equiv \frac{q}{q_{MÁX}}$$

donde, $\varepsilon = \text{Eficiencia}$

$q = \text{Rapidez de Transferencia de Calor (real)}$

$q_{MÁX} = \text{Rapidez de Transferencia de Calor (máxima)}$

al utilizar el valor de la Tabla 3.4 y calculando el valor de rapidez de transferencia de calor a partir de:

$$q_{MÁX} = C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})$$

donde, $C_{min} = \text{Capacitancia Térmica del Fluido (W/K)}_{mínima}$

$T_{h,i} = \text{Temperatura de Entrada del Fluido (K)}$

$T_{c,i} = \text{Temperatura Inicial de la Superficie (K)}$

al utilizar la definición de eficiencia tenemos:

$$\varepsilon = \frac{C_c(T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i})}$$

donde, $C_c = \text{Capacitancia del Fluido (W/K)}_{más\ frío}$

$T_{h,o} = \text{Temperatura de Salida del Fluido (K)}$

$T_{c,o} = \text{Temperatura Final de la Superficie (K)}$

⁴⁷ **Nota:** Debido a la ausencia de los valores de los coeficientes y propiedades del agua en Sistema Inglés se utilizó el Sistema Internacional para evitar la conversión de todos los valores. Sin embargo, los resultados se presentan en el Sistema Inglés.

Sabemos que, $C_{min} = C_c$, obtenemos para la temperatura final, la siguiente ecuación:

$$T_{c,o} = T_{c,i} + \varepsilon(T_{h,i} - T_{c,i})$$

Los cálculos para la temperatura final del refrigerante se presentan en la Tabla D.4. Los resultados en forma resumida se encuentra en la Tabla 3.5.

Los valores que se utilizan para el cálculo del calor entregado al refrigerante se encuentran en las Tabla D.2 y D.3, la Tabla D.4 es una continuación de las anteriores.

La conversión que se utiliza se ejemplifica en la siguiente ecuación:

$$^{\circ}F = \left(\frac{9}{5} * ^{\circ}C \right) + 32$$

donde, $^{\circ}F = \text{Grados Fahrenheit}$

$^{\circ}C = \text{Grados Centígrados}$

Tabla D.4*
Calor entregado al Refrigerante

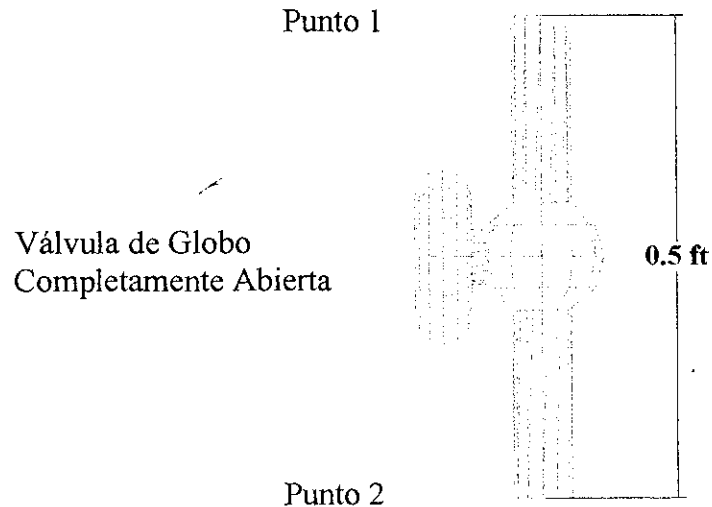
140 GPM						
Molino	Maza	Flujo Másico (kg/s)	Calor Específico (kJ/kg K)	Eficiencia	Temperatura Final del Agua (°C)	Temperatura Final del Agua (°F)
1	Cañera	0.2097	4.1798	0.055248	25.552479	77.994462
	Bagacera	0.2097	4.1798	0.055248	25.552479	77.994462
	Superior	0.2097	4.1798	0.042924	25.429240	77.772632
2	Cañera	0.2097	4.1798	0.045225	25.452248	77.814046
	Bagacera	0.2097	4.1798	0.045225	25.452248	77.814046
	Superior	0.2097	4.1798	0.037129	25.371289	77.668320
3	Cañera	0.2097	4.1798	0.048246	25.482461	77.868430
	Bagacera	0.2097	4.1798	0.048246	25.482461	77.868430
	Superior	0.2097	4.1798	0.047607	25.476067	77.856920
4	Cañera	0.2097	4.1798	0.048246	25.482461	77.868430
	Bagacera	0.2097	4.1798	0.048246	25.482461	77.868430
	Superior	0.2097	4.1798	0.047607	25.476067	77.856920
5	Cañera	0.2097	4.1798	0.045225	25.452248	77.814046
	Bagacera	0.2097	4.1798	0.045225	25.452248	77.814046
	Superior	0.2097	4.1798	0.035165	25.351655	77.632979
6	Cañera	0.2097	4.1798	0.045225	25.452248	77.814046
	Bagacera	0.2097	4.1798	0.045225	25.452248	77.814046
	Superior	0.2097	4.1798	0.037129	25.371289	77.668320
7	Cañera	0.2097	4.1798	0.045225	25.452248	77.814046
	Bagacera	0.2097	4.1798	0.045225	25.452248	77.814046
	Superior	0.2097	4.1798	0.037129	25.371289	77.668320
Promedio				0.045237	Promedio	77.814258

* Continuación de la Tabla D.3.

D.5. Presión Manométrica antes de la Válvula de Globo en la Tubería de Diámetro Nominal de ½"

Los cálculos se realizan a partir del siguiente dibujo:

Tubería de Diámetro Nominal de ½"



Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2, tenemos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R = \text{Cabeza de Altura de Motor (ft)}$

$h_L = \text{Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)}$

al conocer que,

$$v_1 = v_2 \text{ (por Ecuación de Continuidad)}$$

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas y motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = [\gamma * [(z_2 - z_1) + h_L]]$$

$$P_1 = \Delta P + P_2$$

donde conocemos que,

$$\gamma = 62.23 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Agua a } 77 \text{ }^\circ\text{F)}$$

$$z_2 - z_1 = 0.5 \text{ ft}$$

$$P_2 = 10 \text{ psi. (Capítulo III, sección 2.a.5)}$$

$$P_2 = \frac{10 \text{ lb}}{\text{pu } 1 \text{ g}^2} * \frac{144 \text{ pu } 1 \text{ g}^2}{1 \text{ ft}^2} = 1440 \text{ lb/ft}^2$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = K_{\text{válvula}} * \frac{v^2}{2g} = f_t * \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, $K_{\text{válvula}} = \text{Coeficiente de Resistencia}$

$f_t = \text{Coeficiente de Fricción}$

$L_e/D = \text{Longitud Equivalente}$

las pérdidas debido a la longitud en la tubería se ignoran, pues son despreciables en comparación al paso por la válvula de globo. El valor para el coeficiente de resistencia de la válvula de globo se obtienen a partir de la Tabla 2.3.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de ½" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = Caudal (ft³/s)

Vol = Volumen (ft³)

t = Tiempo (seg)

v = Velocidad (ft/s)

A = Área Transversal (ft²)

Al igual que en los cálculos anteriores se supuso que el valor es igual en todas las mazas y en los dos extremos de cada maza del molino. Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas debido a la válvula de globo se encuentran a continuación:

Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de ½":

Diámetro Interno	0.0518 ft
Área	0.00211 ft ²
Caudal	0.007424 ft ³ /s
Cambio de Altura	0.5 ft
Peso Específico	62.23 lb/ft ³
Velocidad	0.2842 ft/s
Longitud Equivalente	340
Factor de Fricción	0.027
Gravedad	32.2 ft/s ²
Pérdida	0.0115 ft

D.6. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2 del lado espiga del molino, del Anexo 6 tenemos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

sabemos que,

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas y motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \left[\gamma * \left[\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1) + h_L \right] \right]$$

$$P_1 = \Delta P + P_2$$

donde conocemos que,

$$\gamma = 62.23 \text{ lb/ft}^3. \text{ (Agua a } 77 \text{ }^\circ\text{F)}$$

$$z_2 - z_1 = \Sigma(\text{Longitud de tubería}) * (\text{sen } \theta)$$

$$P_2 = 1471.8316 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Cap III Sección 2.a.6.)}$$

$$\theta = 1.5^\circ \text{ (Inclinación de la Tubería)}$$

El cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} + h_{L\text{entrada}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{in} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, K_{in} = Coeficiente de Resistencia (Entrada)

f = Coeficiente de Fricción

L = Longitud de la Tubería (ft)

D = Diámetro Interno de la Tubería (ft)

las pérdidas debido a la longitud en la tubería se dividen en 22 segmentos y debido a entrada por contracción en 21, que son el número de chumaceras que se encuentran en un extremo. La mención anterior se encuentra representada en el Anexo 6. Los valores de la tubería se obtuvieron de la Tabla A.1. y para el coeficiente de resistencia por contracción de la Tabla 2.3. En el caso del Lado Corona se utilizó la misma ecuación de energía, pero se

incluye la pérdida debido a los dos codos de 90° , sumando $h_{L\text{codos}} = f_i * \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g}$.

donde, f_i = Coeficiente de Fricción

L_e/D = Longitud Equivalente

Para determinar la velocidad, se utilizó la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 3" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{\text{Vol}}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = Caudal (ft^3/s)
 Vol = Volumen (ft^3)
 t = Tiempo (seg)
 v = Velocidad (ft/s)
 A = Área Transversal (ft^2)

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utilizó la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde ρ = Densidad (kg/ft^3)
 μ = Viscosidad Dinámica ($lb\ s/ft^2$)

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizo el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$Rugosidad\ Relativa = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde ε = Rugosidad del Material

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 3", se realizo dependiendo si el flujo es turbulento o laminar a partir del factor de fricción explícito con las siguientes fórmulas:

c) Laminar (Ecuación de Darcy)

$$f = \frac{64}{N_R}$$

d) Turbulento

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Además se toma en cuenta la descarga que provoca el caudal de agua en cada chumacera, al disminuir el valor del caudal principal.

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdida en la tubería de diámetro nominal de 3" se encuentran en la Tabla D.6.a. para el Lado Espiga y Tabla B.6.b. para el Lado Corona.

Los valores resultantes de las cabezas de energía se presentan en la Tabla 3.6 y el valor de la presión inicial se encuentra en la Tabla 3.7.

Tabla D.6.a.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 3" (Lado Espiga)

Molino	Maza	Caudal Principal (ft ³ /s)	Caudal Auxiliar (ft ³ /s)	Caudal Final (ft ³ /s)	Velocidad Principal (ft/s)	Velocidad Auxiliar (ft/s)	Velocidad Final (ft/s)	Coefficiente de Fricción de Entrada	Longitud (in)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)
		0.32739	0.16370	0.16370	3.18973	3.51844	3.18973	0.78	15.25	1.27	0.2557	32.2
	Superior	0.16370	0.00742	0.15627	3.18973	3.51844	3.04507	0.78	22.50	1.88	0.2557	32.2
1	Cañera	0.15627	0.00742	0.14885	3.04507	3.51844	2.90041	0.78	89.50	7.46	0.2557	32.2
	Bagacera	0.14885	0.00742	0.14143	2.90041	3.51844	2.75576	0.78	108.00	9.00	0.2557	32.2
	Superior	0.14143	0.00742	0.13400	2.75576	3.51844	2.61110	0.78	7.50	0.63	0.2557	32.2
2	Cañera	0.13400	0.00742	0.12658	2.61110	3.51844	2.46644	0.78	98.50	8.21	0.2557	32.2
	Bagacera	0.12658	0.00742	0.11915	2.46644	3.51844	2.32178	0.78	106.50	8.88	0.2557	32.2
	Cañera	0.11915	0.00742	0.11173	2.32178	3.51844	2.17712	0.78	7.50	0.63	0.2557	32.2
3	Superior	0.11173	0.00742	0.10431	2.17712	3.51844	2.03246	0.78	60.50	5.04	0.2557	32.2
	Bagacera	0.10431	0.00742	0.09688	2.03246	3.51844	1.88780	0.78	123.50	10.29	0.2557	32.2
	Cañera	0.09688	0.00742	0.08946	1.88780	3.51844	1.74314	0.78	5.50	0.46	0.2557	32.2
4	Superior	0.08946	0.00742	0.08203	1.74314	3.51844	1.59848	0.78	68.50	5.71	0.2557	32.2
	Bagacera	0.08203	0.00742	0.07461	1.59848	3.51844	1.45382	0.78	124.00	10.33	0.2557	32.2
	Cañera	0.07461	0.00742	0.06719	1.45382	3.51844	1.30916	0.78	7.00	0.58	0.2557	32.2
5	Superior	0.06719	0.00742	0.05976	1.30916	3.51844	1.16451	0.78	97.50	8.13	0.2557	32.2
	Bagacera	0.05976	0.00742	0.05234	1.16451	3.51844	1.01985	0.78	108.00	9.00	0.2557	32.2
	Superior	0.05234	0.00742	0.04491	1.01985	3.51844	0.87519	0.78	10.50	0.88	0.2557	32.2
6	Cañera	0.04491	0.00742	0.03749	0.87519	3.51844	0.73053	0.78	105.50	8.79	0.2557	32.2
	Bagacera	0.03749	0.00742	0.03007	0.73053	3.51844	0.58587	0.78	108.50	9.04	0.2557	32.2
	Superior	0.03007	0.00742	0.02264	0.58587	3.51844	0.44121	0.78	45.50	3.79	0.2557	32.2
7	Cañera	0.02264	0.00742	0.01522	0.44121	3.51844	0.29655	0.78	43.50	3.63	0.2557	32.2
	Bagacera	0.01522	0.00742	0.00780	0.29655	3.51844	0.15189	0.78	5.00	0.42	0.2557	32.2
									Total	1368.25	114.02	

Continuación... Tabla D.6.a.

Molino	Maza	Peso Específico (lb/ft ³)	Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida en la Entrada por Contracción (ft)	Pérdidas Totales (ft)
		62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	85174.6806	1704.6667	0.0212	0.016648	0.0000000	0.0166479
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	81311.8833	1704.6667	0.0213	0.022522	0.1499369	0.1724586
1	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	77449.0860	1704.6667	0.0215	0.081808	0.1499369	0.2317446
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	73586.2887	1704.6667	0.0216	0.089742	0.1499369	0.2396787
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	69723.4914	1704.6667	0.0218	0.005637	0.1499369	0.1555742
2	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	65860.6941	1704.6667	0.0220	0.066601	0.1499369	0.2165384
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	61997.8968	1704.6667	0.0222	0.064379	0.1499369	0.2143164
	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	58135.0995	1704.6667	0.0224	0.004025	0.1499369	0.1539621
3	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	54272.3022	1704.6667	0.0226	0.028600	0.1499369	0.1785367
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	50409.5048	1704.6667	0.0229	0.050960	0.1499369	0.2008966
	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	46546.7075	1704.6667	0.0232	0.001960	0.1499369	0.1518972
4	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	42683.9102	1704.6667	0.0235	0.020831	0.1499369	0.1707684
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	38821.1129	1704.6667	0.0239	0.031710	0.1499369	0.1816471
	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	34958.3156	1704.6667	0.0244	0.001479	0.1499369	0.1514160
5	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	31095.5183	1704.6667	0.0249	0.016658	0.1499369	0.1665954
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	27232.7210	1704.6667	0.0255	0.014519	0.1499369	0.1644563
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	23369.9237	1704.6667	0.0263	0.001072	0.1499369	0.1510089
6	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	19507.1264	1704.6667	0.0274	0.007795	0.1499369	0.1577323
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	15644.3291	1704.6667	0.0287	0.005415	0.1499369	0.1553516
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	11781.5318	1704.6667	0.0307	0.001377	0.1499369	0.1513136
7	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	7918.7345	1704.6667	0.0340	0.000658	0.1499369	0.1505946
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	4055.9372	1704.6667	0.0158	0.000009	0.1499369	0.1499461
Total											3.6830819

Tabla D.6.b.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 3" (Lado Corona)

Molino	Maza	Caudal Principal (ft ³ /s)	Caudal Auxiliar (ft ³ /s)	Caudal Final (ft ³ /s)	Velocidad Principal (ft/s)	Velocidad Auxiliar (ft/s)	Velocidad Final (ft/s)	Longitud Equivalente (Codo 90°)	Coefficiente de Fricción (3')	Coefficiente de Fricción de Entrada	Longitud (m)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)
		0.32739	0.16370	0.16370	3.18973	3.18973	3.18973	20	0.018	0.78	223.00	18.58	0.2557	32.2
	Superior	0.16370	0.00742	0.15627	3.18973	3.51844	3.04507	20	0.018	0.78	6.50	0.54	0.2557	32.2
1	Cañera	0.15627	0.00742	0.14885	3.04507	3.51844	2.90041	20	0.018	0.78	116.00	9.67	0.2557	32.2
	Bagacera	0.14885	0.00742	0.14143	2.90041	3.51844	2.75576	20	0.018	0.78	99.00	8.25	0.2557	32.2
	Superior	0.14143	0.00742	0.13400	2.75576	3.51844	2.61110	20	0.018	0.78	7.50	0.63	0.2557	32.2
2	Cañera	0.13400	0.00742	0.12658	2.61110	3.51844	2.46644	20	0.018	0.78	102.50	8.54	0.2557	32.2
	Bagacera	0.12658	0.00742	0.11915	2.46644	3.51844	2.32178	20	0.018	0.78	88.75	7.40	0.2557	32.2
	Cañera	0.11915	0.00742	0.11173	2.32178	3.51844	2.17712	20	0.018	0.78	7.75	0.65	0.2557	32.2
3	Superior	0.11173	0.00742	0.10431	2.17712	3.51844	2.03246	20	0.018	0.78	103.50	8.63	0.2557	32.2
	Bagacera	0.10431	0.00742	0.09688	2.03246	3.51844	1.88780	20	0.018	0.78	79.50	6.63	0.2557	32.2
	Cañera	0.09688	0.00742	0.08946	1.88780	3.51844	1.74314	20	0.018	0.78	7.50	0.63	0.2557	32.2
4	Superior	0.08946	0.00742	0.08203	1.74314	3.51844	1.59848	20	0.018	0.78	101.50	8.46	0.2557	32.2
	Bagacera	0.08203	0.00742	0.07461	1.59848	3.51844	1.45382	20	0.018	0.78	83.75	6.98	0.2557	32.2
	Cañera	0.07461	0.00742	0.06719	1.45382	3.51844	1.30916	20	0.018	0.78	7.25	0.60	0.2557	32.2
5	Superior	0.06719	0.00742	0.05976	1.30916	3.51844	1.16451	20	0.018	0.78	102.50	8.54	0.2557	32.2
	Bagacera	0.05976	0.00742	0.05234	1.16451	3.51844	1.01985	20	0.018	0.78	115.50	9.63	0.2557	32.2
	Superior	0.05234	0.00742	0.04491	1.01985	3.51844	0.87519	20	0.018	0.78	7.25	0.60	0.2557	32.2
6	Cañera	0.04491	0.00742	0.03749	0.87519	3.51844	0.73053	20	0.018	0.78	102.50	8.54	0.2557	32.2
	Bagacera	0.03749	0.00742	0.03007	0.73053	3.51844	0.58587	20	0.018	0.78	106.50	8.88	0.2557	32.2
	Superior	0.03007	0.00742	0.02264	0.58587	3.51844	0.44121	20	0.018	0.78	10.00	0.83	0.2557	32.2
7	Cañera	0.02264	0.00742	0.01522	0.44121	3.51844	0.29655	20	0.018	0.78	100.25	8.35	0.2557	32.2
	Bagacera	0.01522	0.00742	0.00780	0.29655	3.51844	0.15189	20	0.018	0.78	5.50	0.46	0.2557	32.2
Total											1584	132		

Continuación... Tabla D.6.b.

Molino	Maza	Peso Específico (lb/ft ³)	Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Codos 90° (ft)	Pérdida por Contracción (ft)	Pérdidas Totales (ft)
		62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	85174.6806	1704.6667	0.00075	0.00863	0.05688	0	0.0655
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	81311.8833	1704.6667	0.00079	0.00024	0.05688	0.1499	0.2071
1	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	77449.0860	1704.6667	0.00083	0.00408	0	0.1499	0.1540
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	73586.2887	1704.6667	0.00087	0.00331	0	0.1499	0.1532
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	69723.4914	1704.6667	0.00092	0.00024	0	0.1499	0.1502
2	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	65860.6941	1704.6667	0.00097	0.00307	0	0.1499	0.1530
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	61997.8968	1704.6667	0.00103	0.00250	0	0.1499	0.1524
	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	58135.0995	1704.6667	0.00110	0.00020	0	0.1499	0.1501
3	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	54272.3022	1704.6667	0.00118	0.00255	0	0.1499	0.1525
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	50409.5048	1704.6667	0.00127	0.00182	0	0.1499	0.1518
	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	46546.7075	1704.6667	0.00137	0.00016	0	0.1499	0.1501
4	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	42683.9102	1704.6667	0.00150	0.00197	0	0.1499	0.1519
	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	38821.1129	1704.6667	0.00165	0.00148	0	0.1499	0.1514
	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	34958.3156	1704.6667	0.00183	0.00012	0	0.1499	0.1501
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	31095.5183	1704.6667	0.00206	0.00145	0	0.1499	0.1514
5	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	27232.7210	1704.6667	0.00235	0.00143	0	0.1499	0.1514
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	23369.9237	1704.6667	0.00274	0.00008	0	0.1499	0.1500
	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	19507.1264	1704.6667	0.00328	0.00091	0	0.1499	0.1508
6	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	15644.3291	1704.6667	0.00409	0.00076	0	0.1499	0.1507
	Superior	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	11781.5318	1704.6667	0.00543	0.00005	0	0.1499	0.1500
	Cañera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	7918.7345	1704.6667	0.00808	0.00036	0	0.1499	0.1503
7	Bagacera	62.23	1.933	1.851E-05	0.00015	4055.9372	1704.6667	0.01578	0.00001	0	0.1499	0.1499
Total											3.29782	

$$P_1 = 1478.8503 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Promedio de resultados de Tabla 3.7.)}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} + h_{L\text{codos}} + h_{L\text{válvulas}} + h_{L\text{filtro}} + h_{L\text{salida}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + f_{i(\text{codos})} \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g} + f_{i(\text{válvulas})} \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g} + f_{i(\text{filtro})} \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{out} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, K_{out} = Coeficiente de Resistencia (Salida)

f = Coeficiente de Fricción

L = Longitud de la Tubería (ft)

D = Diámetro Interno de la Tubería (ft)

f_i = Coeficiente de Fricción

L_e/D = Longitud Equivalente

El número de codos, válvulas de compuerta y filtros; asimismo, las longitudes de la tubería se encuentran representadas en el Anexo 6. Los valores de la tubería se obtienen de la Tabla A.1. y para el coeficiente de resistencia de los componentes de la Tabla 2.3.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 4" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = Caudal (ft³/s)

Vol = Volumen (ft³)

t = Tiempo (seg)

v = Velocidad (ft/s)

A = Área Transversal (ft²)

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utilizó la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde $\rho = \text{Densidad (kg/ft}^3\text{)}$

$\mu = \text{Viscosidad Dinámica (lb s/ft}^2\text{)}$

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde $\varepsilon = \text{Rugosidad del Material}$

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 4", se realiza a partir del factor de fricción explícito para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas en la tubería de diámetro nominal de 4" se encuentran en la Tabla D.7. y los valores resultantes de las cabezas de energía y de presión inicial se encuentra en el capítulo 3.2.a.8. (Para el análisis se tomo como inicio el punto 2 y como final el punto 1.)

**Tabla D.7.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"**

Caudal (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Longitud Equivalente (Válvulas)	Longitud Equivalente (Codos)	Coefficiente de Fricción (4")	Coefficiente de Fricción (Filtro)	Coefficiente de Fricción (Salida)	Longitud (in)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)	Peso Específico (lb/ft ³)
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	12.00	1.00	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	22.00	1.83	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	100.00	8.33	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	167.00	13.92	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	25.00	2.08	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	6.00	0.50	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	27.50	2.29	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	25.50	2.13	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	12.00	1.00	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	11.00	0.92	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	26.50	2.21	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	21.00	1.75	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	16.00	1.33	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	6.00	0.50	0.3355	32.2	62.23
0.32739	0.0884	3.70355	8	30	0.017	6.5	1.0	5.00	0.42	0.3355	32.2	62.23
Total									482.50	40.21		

Continuación... Tabla D.7.

Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Codos (ft)	Pérdida por Valvulas (ft)	Pérdida por Filtro (ft)	Pérdida por Salida (ft)	Pérdidas Totales (ft)
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00031	0.10862	0.02897	1.38441	0.21299	1.73530
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00057	0.10862	0.02897	0	0	0.13816
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00261	0.10862	0.02897	0	0	0.14020
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00436	0.10862	0	0	0	0.11298
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00065	0.10862	0	0	0	0.10928
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00016	0.10862	0	0	0	0.10878
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00072	0.10862	0	0	0	0.10934
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00067	0.10862	0	0	0	0.10929
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00031	0	0	0	0	0.00031
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00029	0	0	0	0	0.00029
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00069	0	0	0	0	0.00069
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00055	0	0	0	0	0.00055
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00042	0	0	0	0	0.00042
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00016	0	0	0	0	0.00016
1.933	1.851E-05	0.00015	129758.76	2236.6667	0.00049	0.00013	0	0	0	0	0.00013
Total											2.56587

D.8. Elevación de la Torre de Enfriamiento

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) tomando como referencia como inicio el tanque de la torre y final la tubería de diámetro nominal de 4" de admisión de agua al Tándem, tenemos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

al conocer que,

$P_1 = v_1$ (El agua en el tanque se encuentra en reposo y a presión atmosférica)

$h_A = h_R = 0$ (no hay mecanismo de bombas y motores)

de esta manera, se resuelve para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$\Delta z = z_1 - z_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L$$

donde conocemos que,

$$\gamma = 62.23 \text{ lb/ft}^3. \text{ (Agua a } 77 \text{ }^\circ\text{F)}$$

$$P_2 = 1478.8503 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Promedio de resultados del Capítulo 3.2.a.8.)}$$

$$v_2 = 3.7035 \text{ ft/s (Velocidad de Tubería de Diámetro Nominal de 4")}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, f = *Coficiente de Fricción*

L = *Longitud de la Tubería (ft)*

D = *Diámetro Interno de la Tubería (ft)*

El número de codos, válvulas de compuerta y filtros; se toman en cuenta, pues la pérdida mayor se da por la longitud de la tubería. Los valores de la tubería se obtienen de la Tabla A.1.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 4" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{\text{Vol}}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = *Caudal (ft³/s)*

Vol = *Volumen (ft³)*

t = *Tiempo (seg)*

v = *Velocidad (ft/s)*

A = *Área Transversal (ft²)*

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utilizó la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde $\rho = \text{Densidad (kg/ft}^3\text{)}$

$\mu = \text{Viscosidad Dinámica (lb s/ft}^2\text{)}$

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde $\varepsilon = \text{Rugosidad del Material}$

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 4", se realiza a partir del factor de fricción explícito para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Los cálculos de la elevación de la torre de enfriamiento se encuentran en la Tabla D.8. y los valores resultantes de las cabezas de energía y de altura en el capítulo 3.2.a.9. (Para el análisis se utiliza una tubería de diámetro nominal de 4")

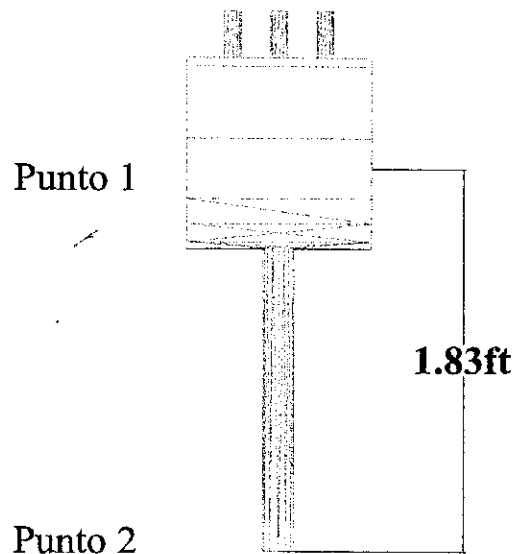
Tabla D.8.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"

Caudal Total (ft ³ /s)	0.32739
Área de 4" (ft ²)	0.08840
Velocidad de 4" (ft/s)	3.70355
Coefficiente de Fricción (Salida)	1.0
Longitud (ft)	370
Gravedad (ft/s ²)	32.2
Peso Especifico (lb/ft ³)	62.23
Densidad (slugs/ft ³)	1.933
Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	0.00002
Rugosidad	0.00015
Número de Reynolds	129758.76055
Rugosidad Relativa	2236.66667
Coefficiente de Fricción	0.01953
Pérdida por Longitud (ft)	4.58764
Pérdida por Salida (ft)	0.21299
Pérdidas Totales (ft)	4.80063

D.9. Presión Manométrica después de los Tanques de Desagüe de cada Molino

Los cálculos se realizan a partir del siguiente dibujo:

Tubería de Diámetro Nominal de 1 ½"



Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2, tenemos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

al conocer que,

$v_1 = 0$ (Velocidad aproximadamente 0, por estar estancada)

$P_1 = 0$ (Presión Atmosférica)

$h_A = h_R = 0$ (no hay mecanismo de bombas o motores)

de esta manera, se resuelve para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$P_2 = \left[\gamma * \left[(z_1 - z_2) - \frac{v_2^2}{2g} - h_L \right] \right]$$

donde conocemos que,

$\gamma = 62.22 \text{ lb/ft}^3$ (Agua a 78 °F) [Aproximación Cap.III Sección 2.a.4)

$z_1 - z_2 = 1.833 \text{ ft}$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} + h_{L\text{entrada}} + h_{L\text{salida}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{in} * \frac{v^2}{2g} + K_{out} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, $K_{out} =$ Coeficiente de Resistencia (Salida)

$K_{in} =$ Coeficiente de Resistencia (Entrada)

$f =$ Coeficiente de Fricción

$L =$ Longitud de la Tubería (ft)

$D =$ Diámetro Interno de la Tubería (ft)

Los valores para los coeficientes de resistencia de la entrada y la salida se obtienen a partir de la Tabla 2.8.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 1 ½" de la Tabla A.1 y el caudal parcial producto de la división del caudal total dentro de las 14 tanques de los molinos.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = Caudal (ft³/s)

Vol = Volumen (ft³)

t = Tiempo (seg)

v = Velocidad (ft/s)

A = Área Transversal (ft²)

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utiliza la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde ρ = Densidad (kg/ft³)

μ = Viscosidad Dinámica (lb s/ft²)

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$Rugosidad\ Relativa = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde ε = Rugosidad del Material

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 1 ½", se realiza a partir del factor de fricción explícito, para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas en la tubería de diámetro nominal de 1 1/2" se encuentran en la Tabla D.9. y los valores resultantes de las cabezas de energía y la presión manométrica se presentan en el Capítulo 3.2.b.1.

Para una mayor aproximación del valor de la presión inicial del agua, se realiza un promedio aritmético.

$$\bar{P}_{inicial} = \frac{\sum_{i=0}^n P_i}{n_{veces}}$$

Tabla D.9.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 1 1/2"

Molino	Caudal (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Coeficiente de Fricción		Longitud (in)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)	Peso Específico (lb/ft ³)
				Fricción (Entrada)	(Salida)					
1	0.0223	0.01414	1.57568	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.22
2	0.0223	0.01414	1.57568	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.22
3	0.0223	0.01414	1.57568	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.22
4	0.0223	0.01414	1.57568	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.22
5	0.0223	0.01414	1.57568	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.22
6	0.0223	0.01414	1.57568	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.22
7	0.0223	0.01414	1.57568	0.78	1.0	18.5	1.54167	0.1342	32.2	62.22

Continuación... Tabla D.9.

Molino	Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coeficiente de Fricción	Pérdida por		Pérdidas Totales (ft)
							Longitud (ft)	Entrada (ft)	
1	1.932	1.824E-05	0.00015	2.24E+04	894.6667	0.02778	0.01230	0.03007	0.03855
2	1.932	1.824E-05	0.00015	2.24E+04	894.6667	0.02778	0.01230	0.03007	0.03855
3	1.932	1.824E-05	0.00015	2.24E+04	894.6667	0.02778	0.01230	0.03007	0.03855
4	1.932	1.824E-05	0.00015	2.24E+04	894.6667	0.02778	0.01230	0.03007	0.03855
5	1.932	1.824E-05	0.00015	2.24E+04	894.6667	0.02778	0.01230	0.03007	0.03855
6	1.932	1.824E-05	0.00015	2.24E+04	894.6667	0.02778	0.01230	0.03007	0.03855
7	1.932	1.824E-05	0.00015	2.24E+04	894.6667	0.02778	0.01230	0.03007	0.03855

D.10. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 4"

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2 del lado espiga del tándem, del Anexo 7 tenemos:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

al conocer que,

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas o motores)}$$

de esta manera, se resuelve para determinar la presión inicial, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \left[\gamma * \left[\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1) + h_L \right] \right]$$

$$P_1 = \Delta P + P_2$$

donde conocemos que,

$$\gamma = 62.22 \text{ lb/ft}^3. \text{ (Agua a } 78^\circ\text{F) [Aproximación Cap.III Sección 2.a.4.]}$$

$$z_2 - z_1 = \Sigma(\text{Longitud de tubería}) * (\text{sen } \theta)$$

$$P_2 = 106.63614 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Capítulo III Sección 2.b.1.)}$$

$$\theta = 1.5^\circ \text{ (Inclinación de la Tubería)}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}} + h_{L\text{salida}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{out} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, K_{out} = *Coficiente de Resistencia (Salida)*

f = *Coficiente de Fricción*

L = *Longitud de la Tubería (ft)*

D = *Diámetro Interno de la Tubería (ft)*

las pérdidas debido a la longitud en la tubería se dividen en 8 segmentos y debido a salida de descarga en 7, que son el número de molino que se encuentran en un extremo. La mención anterior se encuentra representada en el Anexo 7. Los valores de la tubería se obtuvieron de la Tabla A.1. y para el coeficiente de resistencia por contracción de la Tabla 2.8. En el caso del Lado Corona se utilizó la misma ecuación de energía, pero se incluye la

pérdida debido a los dos codos de 90° , sumando $h_{L\text{codos}} = f_t * \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g}$.

donde, f_t = *Coficiente de Fricción*

L_e/D = *Longitud Equivalente*

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 4" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = *Caudal (ft³/s)*

Vol = *Volumen (ft³)*

t = *Tiempo (seg)*

v = *Velocidad (ft/s)*

A = *Área Transversal (ft²)*

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utiliza la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde $\rho =$ Densidad (kg/ft^3)

$\mu =$ Viscosidad Dinámica ($\text{lb s}/\text{ft}^2$)

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizo el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde $\varepsilon =$ Rugosidad del Material

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 4", se realiza a partir del factor de fricción explícito para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\varepsilon} \right) + \frac{5.74}{N_R^{0.9}}} \right) \right]^2}$$

Además se toma en cuenta la descarga que provoca el caudal de agua en cada molino, al aumentar el valor del caudal principal. Y los desagües secundarios se descartan, con el propósito de un mejor análisis de diseño.

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdida en la tubería de diámetro nominal de 4" se encuentran en la Tabla D.10.a. para el Lado Espiga y Tabla D.10.b. para el Lado Corona.

Los valores resultantes de las cabezas de energía se presentan en la Tabla 3.8 y el valor de la presión inicial se encuentra en la Tabla 3.9.

Tabla D.10.a.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 4" (Lado Espiga)

Molino	Caudal de cada Molino (ft ³ /s)	Sumatoria de Caudales (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Coefficiente de Fricción (Salida)	Longitud (in)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)
0	0	0	0.0884	0	1.0	139.75	11.646	0.3355	32.2
1	0.0223	0.0222801	0.0884	0.252037	1.0	217.50	18.125	0.3355	32.2
2	0.0223	0.0445602	0.0884	0.504074	1.0	88.00	7.333	0.3355	32.2
3	0.0223	0.0668403	0.0884	0.756112	1.0	192.50	16.042	0.3355	32.2
4	0.0223	0.0891204	0.0884	1.008149	1.0	286.50	23.875	0.3355	32.2
5	0.0223	0.1114005	0.0884	1.260186	1.0	298.25	24.854	0.3355	32.2
6	0.0223	0.1336806	0.0884	1.512223	1.0	214.50	17.875	0.3355	32.2
7	0.0223	0.1559606	0.0884	1.764261	1.0	22.75	1.896	0.3355	32.2
						Total	1459.75	121.646	

Continuación... Tabla D.10.a.

Molino	Peso Específico (lb/ft ³)	Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Salida (ft)	Pérdidas Totales (ft)
0	62.22	1.932	1.824E-05	0.00015	0	2236.667	0	0	0	0
1	62.22	1.932	1.824E-05	0.00015	8956.52	2236.667	0.03267	0.00174	0.00099	0.00273
2	62.22	1.932	1.824E-05	0.00015	17913.05	2236.667	0.02757	0.00238	0.00395	0.00632
3	62.22	1.932	1.824E-05	0.00015	26869.57	2236.667	0.02525	0.01072	0.00888	0.01959
4	62.22	1.932	1.824E-05	0.00015	35826.10	2236.667	0.02384	0.02678	0.01578	0.04256
5	62.22	1.932	1.824E-05	0.00015	44782.62	2236.667	0.02288	0.04180	0.02466	0.06646
6	62.22	1.932	1.824E-05	0.00015	53739.15	2236.667	0.02217	0.04194	0.03551	0.07745
7	62.22	1.932	1.824E-05	0.00015	62695.67	2236.667	0.02161	0.00590	0.04833	0.05424
									Total	0.269346

Tabla D.10.b.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 4" (Lado Corona)

Molino	Caudal de cada Molino (ft ³ /s)	Sumatoria de Caudales (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Coefficiente de Fricción (Salida)	Coefficiente de Fricción (Codos)	Longitud (in)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)	Peso Específico (lb/ft ³)
0	0	0	0.0884	0	1.0	0.14	141.50	11.792	0.3355	32.2	62.22
1	0.0223	0.0222801	0.0884	0.252037	1.0	0.14	229.50	19.125	0.3355	32.2	62.22
2	0.0223	0.0445602	0.0884	0.504074	1.0	0.14	81.00	6.750	0.3355	32.2	62.22
3	0.0223	0.0668403	0.0884	0.756112	1.0	0.14	195.25	16.271	0.3355	32.2	62.22
4	0.0223	0.0891204	0.0884	1.008149	1.0	0.14	320.25	26.688	0.3355	32.2	62.22
5	0.0223	0.1114005	0.0884	1.260186	1.0	0.14	227.50	18.958	0.3355	32.2	62.22
6	0.0223	0.1336806	0.0884	1.512223	1.0	0.14	220.25	18.354	0.3355	32.2	62.22
7	0.0223	0.1559606	0.0884	1.764261	1.0	0.14	190.25	15.854	0.3355	32.2	62.22
							Total	1605.50	133.792		

Continuación... Tabla D.10.b.

Molino	Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb. s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Salida (ft)	Pérdida por Codos (ft)	Pérdidas Totales (ft)
0	1.932	1.824E-05	0.00015	0	2236.667	0	0	0	0	0
1	1.932	1.824E-05	0.00015	8956.52	2236.667	0.03267	0.00184	0.00099	0	0.00282
2	1.932	1.824E-05	0.00015	17913.05	2236.667	0.02757	0.00219	0.00395	0	0.00613
3	1.932	1.824E-05	0.00015	26869.57	2236.667	0.02525	0.01087	0.00888	0	0.01975
4	1.932	1.824E-05	0.00015	35826.10	2236.667	0.02384	0.02993	0.01578	0	0.04572
5	1.932	1.824E-05	0.00015	44782.62	2236.667	0.02288	0.03188	0.02466	0	0.05654
6	1.932	1.824E-05	0.00015	53739.15	2236.667	0.02217	0.04306	0.03551	0.00677	0.08534
7	1.932	1.824E-05	0.00015	62695.67	2236.667	0.02161	0.04936	0.04833	0.00677	0.10446
									Total	0.320763

D.11. Presión Manométrica en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) entre los puntos 1 y 2, representados en el Anexo 7 tenemos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto de un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto de un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

sabemos que,

$$v_1 = v_2 \text{ (Por ecuación de continuidad)}$$

$$h_A = h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de bombas o motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión final, la ecuación queda reducida:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = [\gamma * [(z_1 - z_2) - h_L]]$$

$$P_2 = \Delta P + P_1$$

donde conocemos que,

$$\gamma = 62.22 \text{ lb/ft}^3. \text{ (Agua a } 78 \text{ }^\circ\text{F)} \text{ [Aproximación Cap.III Sección 2.a.4.)}$$

$$z_1 - z_2 = 8.5 \text{ ft.}$$

$$P_1 = 330.75069 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Promedio de resultados de Tabla 3.9.)}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L_{tubería}} + h_{L_{entrada}} + h_{codos}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K_{in} * \frac{v^2}{2g} + f_{i(codos)} \frac{L_e}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, K_{in} = *Coficiente de Resistencia (Entrada)*

f = *Coficiente de Fricción*

L = *Longitud de la Tubería (ft)*

D = *Diámetro Interno de la Tubería (ft)*

f_i = *Coficiente de Fricción*

L_e/D = *Longitud Equivalente*

El número de codos, válvulas de compuerta y filtros; asimismo, las longitudes de la tubería se encuentran representadas en el Anexo 7. Los valores de la tubería se obtienen de la Tabla A.1. y para el coeficiente de resistencia de los componentes de la Tabla 2.8.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 6" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{Vol}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde Q = *Caudal (ft³/s)*

Vol = *Volumen (ft³)*

t = *Tiempo (seg)*

v = *Velocidad (ft/s)*

A = *Área Transversal (ft²)*

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utiliza la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde $\rho = \text{Densidad (slugs/ft}^3\text{)}$

$\mu = \text{Viscosidad Dinámica (lb s/ft}^2\text{)}$

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde $\varepsilon = \text{Rugosidad del Material}$

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 6", se realizó a partir del factor de fricción explícito para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas en la tubería de diámetro nominal de 6" se encuentran en la Tabla D.11. y los valores resultantes de las cabezas de energía y el valor de la presión final se encuentra en la el Capítulo 3.2.b.3.

**Tabla D.11.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 6"**

Caudal (ft ³ /s)	Área (ft ²)	Velocidad (ft/s)	Coefficiente de Fricción (Entrada)	Coefficiente de Fricción (Codos)	Longitud (m)	Longitud (ft)	Diámetro (ft)	Gravedad (ft/s ²)	Peso Específico (lb/ft ³)
0.311921	0.2006	1.55494	0.62	0.12	22.0	1.833	0.5054	32.2	62.22
0.311921	0.2006	1.55494	0.62	0.12	120.0	10.000	0.5054	32.2	62.22
0.311921	0.2006	1.55494	0.62	0.12	80.0	6.667	0.5054	32.2	62.22
0.311921	0.2006	1.55494	0.62	0.12	80.0	6.667	0.5054	32.2	62.22
Total						302.0	25.167		

Continuación... Tabla D.11.

Densidad (slugs/ft ³)	Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	Rugosidad	Número de Reynolds	Rugosidad Relativa	Coefficiente de Fricción	Pérdida por Longitud (ft)	Pérdida por Entrada (ft)	Pérdida por Codos (ft)	Pérdidas Totales (ft)
1.932	1.824E-05	0.00015	83239.9	3369.333	0.02005	0.00273	0.02328	0.00901	0.03502
1.932	1.824E-05	0.00015	83239.9	3369.333	0.02005	0.01489	0.00000	0.00901	0.02390
1.932	1.824E-05	0.00015	83239.9	3369.333	0.02005	0.00993	0.00000	0.00901	0.01894
1.932	1.824E-05	0.00015	83239.9	3369.333	0.02005	0.00993	0.00000	0.00901	0.01894
Total									0.096802

D.12. Cabeza de Bomba necesaria para la Torre de Enfriamiento

Al utilizar la Ecuación General de la Energía (expansión de la Ecuación de Bernoulli) al utilizar como punto inicial la salida de la tubería de diámetro nominal de 6" de desagüe y como punto final la descarga en la parte superior de la torre de enfriamiento, tenemos:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_R + h_L$$

donde, $p_1 =$ Presión Inicial (lb/ft²)

$p_2 =$ Presión Final (lb/ft²)

$\gamma =$ Peso Específico (lb/ft³)

$z_1 =$ Elevación Inicial respecto a un Nivel Neutro (ft)

$z_2 =$ Elevación Final respecto a un Nivel Neutro (ft)

$v_1 =$ Velocidad Inicial (ft/s)

$v_2 =$ Velocidad Final (ft/s)

$g =$ Gravedad (ft/s²)

$h_A =$ Cabeza de Altura de Bomba (ft)

$h_R =$ Cabeza de Altura de Motor (ft)

$h_L =$ Cabeza de Altura de Pérdidas (ft)

sabemos que,

$$v_1 = \frac{A_2}{A_1} * v_2 \text{ (Por ecuación de continuidad)}$$

$$p_2 = 0 \text{ (Presión Atmosférica en la salida)}$$

$$h_R = 0 \text{ (no hay mecanismo de motores)}$$

de esta manera, al resolver para determinar la presión final, la ecuación queda reducida:

$$h_A = (z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) + h_L - \frac{p_1}{\gamma}$$

donde conocemos que,

$$\gamma = 62.22 \text{ lb/ft}^3. \text{ (Agua a } 78 \text{ }^\circ\text{F) [Aproximación Cap.III Sección 2.a.4.)}$$

$$z_1 - z_2 = 45.6093 \text{ ft.}$$

$$P_1 = 331.4574 \text{ lb/ft}^2. \text{ (Resultado Cap. III Sección 2.b.3.)}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería se determina de la siguiente manera:

$$h_L = h_{L\text{tubería}}$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

donde, $f =$ Coeficiente de Fricción

$L =$ Longitud de la Tubería (ft)

$D =$ Diámetro Interno de la Tubería (ft)

Los valores de dimensión de la tubería se obtienen de la Tabla A.1.

Para determinar la velocidad, se utiliza la ecuación de rapidez de volumen de flujo, al utilizar los valores para tubería nominal de 3" de la Tabla A.1.

$$Q = \frac{\text{Vol}}{t} = v * A \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

donde $Q =$ Caudal (ft³/s)

$\text{Vol} =$ Volumen (ft³)

$t =$ Tiempo (seg)

$v =$ Velocidad (ft/s)

$A =$ Área Transversal (ft²)

Para los valores de viscosidad dinámica y densidad del agua se utiliza la Tabla A.2. necesarios para encontrar el Número de Reynolds (N_R) con la fórmula siguiente:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

donde $\rho = \text{Densidad (slugs/ft}^3\text{)}$

$\mu = \text{Viscosidad Dinámica (lb s/ft}^2\text{)}$

Para encontrar la rugosidad relativa se utilizó el valor de rugosidad del acero igual a 0.00015 con:

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{D}{\varepsilon}$$

donde $\varepsilon = \text{Rugosidad del Material}$

El cálculo del coeficiente de fricción para la tubería de diámetro nominal de 3", se realizó a partir del factor de fricción explícito para flujo turbulento con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Los cálculos de la cabeza de energía por pérdidas en la tubería de diámetro nominal de 3" se encuentran en la Tabla D.12. y los valores resultantes de las cabezas de energía y el valor de la presión final se encuentra en la el Capítulo 3.2.b.4.

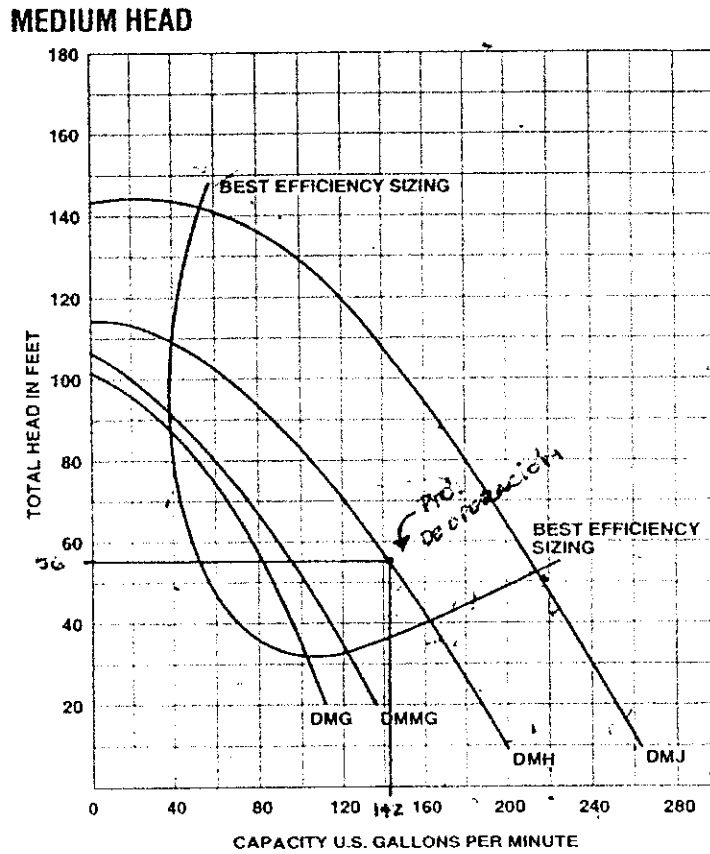
Tabla D.12.
Pérdidas en la Tubería de Diámetro Nominal de 3"

Caudal Total (ft ³ /s)	0.311921
Área de 3" (ft ²)	0.05132
Velocidad de 3" (ft/s)	6.07797
Longitud (in)	6480
Longitud (ft)	540
Gravedad (ft/s ²)	32.2
Peso Específico (lb/ft ³)	62.22
Densidad (slugs/ft ³)	1.932
Viscosidad Dinámica (lb s/ft ²)	0.00002
Rugosidad	0.00015
Número de Reynolds	164615.8
Rugosidad Relativa	1704.66667
Coefficiente de Fricción	0.01971
Pérdidas Totales (ft)	23.87583

D.13. Gráfica de Operación de la Bomba

La bomba que se utilizó es una bomba centrífuga Sta-Rite de 3 hp y Trifásica, de la Serie D (Modelos para Cabezas Medias) con una capacidad de 115 a 159 GPM.

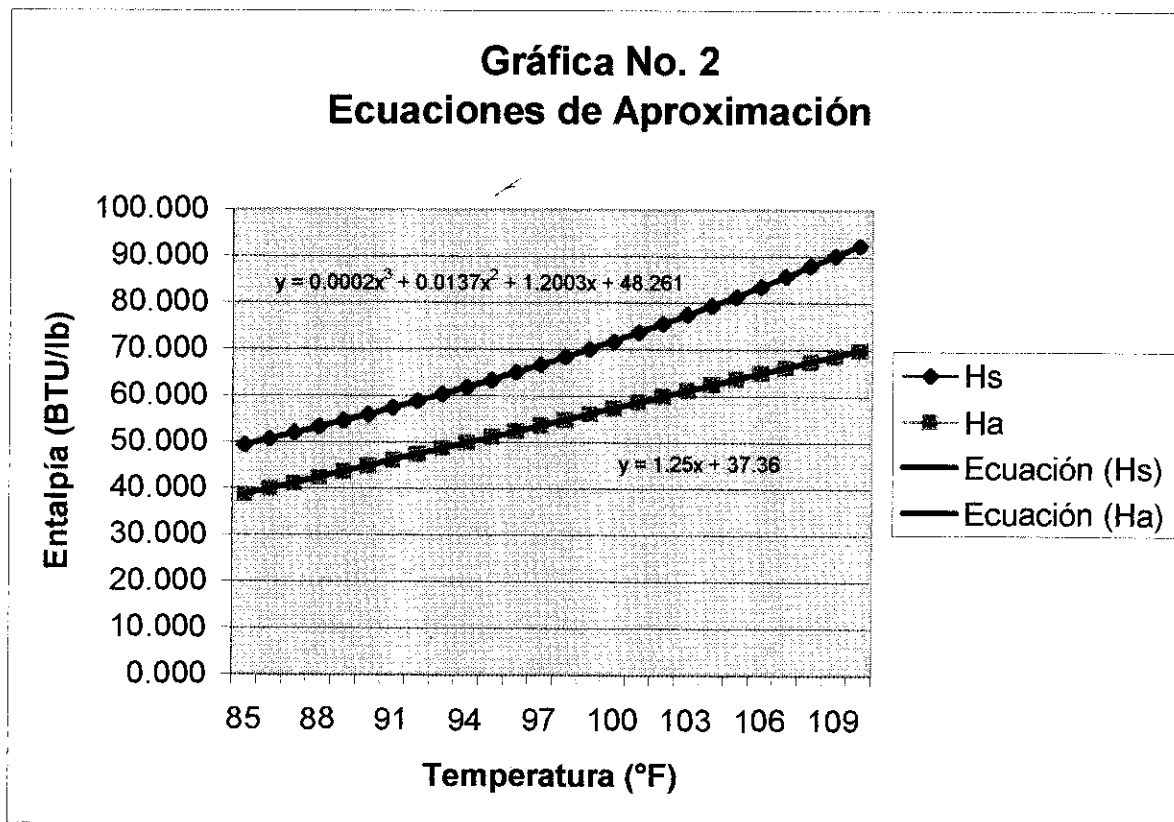
Gráfica No.1
Operación de Bomba DMH3



La gráfica de operación da la certeza del análisis para utilizar una bomba clase DMH, con una cabeza de bomba de 56 ft y para un caudal de 142 GPM.

D.14. Entalpías a Diferentes Temperaturas

Para determinar la entalpía del agua y del aire a diferentes temperaturas se utilizan los valores de la Tabla A.3. Al utilizar ecuaciones de aproximación se dan los resultados de la Tabla 3.10. La siguiente gráfica presenta las curvas y las ecuaciones utilizadas:



D.15. Área Transversal y Altura de la Torre de Enfriamiento

El área transversal en la construcción de la torre de enfriamiento, se determina de la ecuación:

$$Area = \frac{VelocidadMásicaTotal}{L_w}$$

donde *Velocidad Másica Total* = 20.26596 lb/s

$$L_w = 1.02384 \text{ lb/s ft}^2$$

Para encontrar la altura necesaria se utiliza la siguiente ecuación:

$$Altura \text{ de la Torre} = Altura \text{ del Relleno} + 1.5 \text{ de la base (ancho o largo)}$$

donde *Altura del Relleno* = 4 ft

$$Base = 5 \text{ ft}$$

Los valores resultantes se encuentran en el Capítulo 3 Sección 3.

D.16. Comprobación de la Altura por medio de la Entalpía y Rellenos Teóricos

Como comprobación que los valores a utilizar en el diseño, se encuentran en un margen aceptado, se calcula el tamaño de la torre por medio de la utilización de la entalpía de los dos fluidos.

Dada la cantidad de agua arrastrada por el aire en forma de gotas suspendidas es normalmente insignificante y el calor específico del agua es uno, el producto de la temperatura del agua despejada Δt_w y rapidez de la corriente de agua L_w es igual al producto de la elevación en la entalpía del aire ΔH_a y la rapidez la corriente de aire G , que es,

$$\Delta t_w L_w = \Delta H_a G$$

donde, la rapidez de corriente del agua y del aire L_w y G son en libras por hora por pie cuadrado⁴⁸.

La ecuación de balance de calor no incluye términos que definen el tamaño de la torre de enfriamiento. Si la torre de enfriamiento es considerada análoga a una matriz de transferencia de calor con una película de agua con un área superficial que depende de la rapidez de corriente del agua y del aire y de las características de la estructura, el calor será llevado por el aire por dos mecanismos: transferencia de calor por convección y por vaporización del agua. Se ha demostrado que en cualquier elemento dado en el volumen de la torre dV teniendo el área superficial a por unidad de volumen, el calor entregado por libra de agua puede relacionarse al calor transferido al aire por convección y al calor perdido por evaporización por la siguiente ecuación⁴⁹:

$$dt_w L_w = [h(t_w - t_a) + K\Delta H_v(x_s - x)]adV$$

⁴⁸ Referencia [4]

⁴⁹ Referencia [4]

donde ΔH_v es la entalpía de evaporización, x_s el contenido de agua del aire saturado, y x el vapor de agua contenido en la corriente de aire.

La ecuación anterior puede ser manipulada y convertirla en una forma más conveniente, al sustituir $c_p K$ por h , tomando $H_s = c_p t_a + \Delta H_v x_s$ como la entalpía de aire saturado a la temperatura ambiente del agua, y $H_a = c_p t_a + \Delta H_v x$ como la entalpía de la corriente de aire (por ejemplo, al obviar la entalpía del calentamiento excesivo del aire húmedo), y obviar la diferencia en el agua de entrada y de salida por evaporización, como sigue⁵⁰:

$$dt_w L_w = K(c_p t_w - c_p t_a + \Delta H_v x_s - \Delta H_v x) adV$$

$$dt_w L_w = K(H_s - H_a) adV$$

donde H_s es la entalpía del aire saturado a temperatura ambiente del agua y H_a la entalpía promedio de la corriente de aire.

La relación de la ecuación anterior aplica a las condiciones locales dentro de una torre de enfriamiento. Para determinar el comportamiento global requiere una integración similar a la utilizada para la diferencia logarítmica de temperatura de un intercambiador convencional de calor. Al evaluar la ecuación anterior, se puede ver que H_s y H_a dependen de la temperatura del agua, pero que las otras cantidades no. Reestructurar los términos acordados e integrar entre la entrada y la salida no da⁵¹:

$$\int_{t_{w1}}^{t_{w2}} \frac{dt_w}{H_s - H_a} = \int_0^V \frac{K adV}{L_w} = \frac{KaV}{L_w}$$

donde V es el volumen activo en pies cúbicos por pies cuadrados para un área seccionada horizontalmente. La entalpía de aire saturado no varía linealmente con la temperatura, y esto previene la simplificación usualmente posible en el análisis del comportamiento de un

⁵⁰ Referencia [4]

⁵¹ Referencia [4]

intercambiador de calor. La naturaleza del problema puede ser visualizado al examinar la *figura 20*. Esta figura muestra la entalpía de aire saturado como una función la temperatura local del agua, juntos con la entalpía actual del aire húmedo en la torre.

Al examinar la ecuación anterior y la *figura 20*, se puede ver que la distancia vertical entre las dos curvas representa la diferencia de entalpía $H_s - H_a$ en la integral. Entonces la segunda curva, como en la *figura 21*, puede plotearse para $1/(H_s - H_a)$ como una función de la temperatura de agua local, y el valor de la integral puede ser determinado por la obtención del área debajo de la curva. La cantidad resultante KaV/L_w , conocida como *característica de la torre*, es por lo tanto una función de la entrada y salida de la temperatura del bulbo húmedo del aire. Esta puede ser expresada en términos de aproximación de temperatura, rango, y el radio de la rapidez de la corriente de agua dentro del aire. Si muchos cálculos para una variedad de condiciones deben hacerse, mucho tiempo puede ahorrarse por el uso de gráficas como la que se muestra en la *figura 22*.

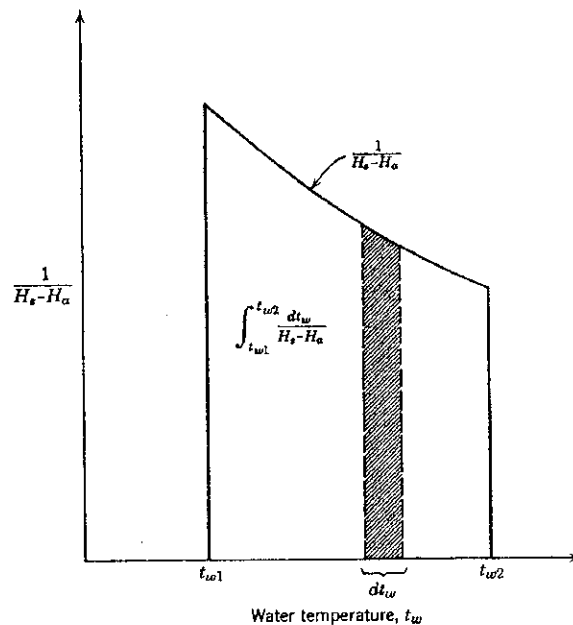


Figura 21. El parámetro $1/(H_s - H_a)$ plotado como función de la temperatura local de agua en flujo contracorriente dentro de la torre de enfriamiento.

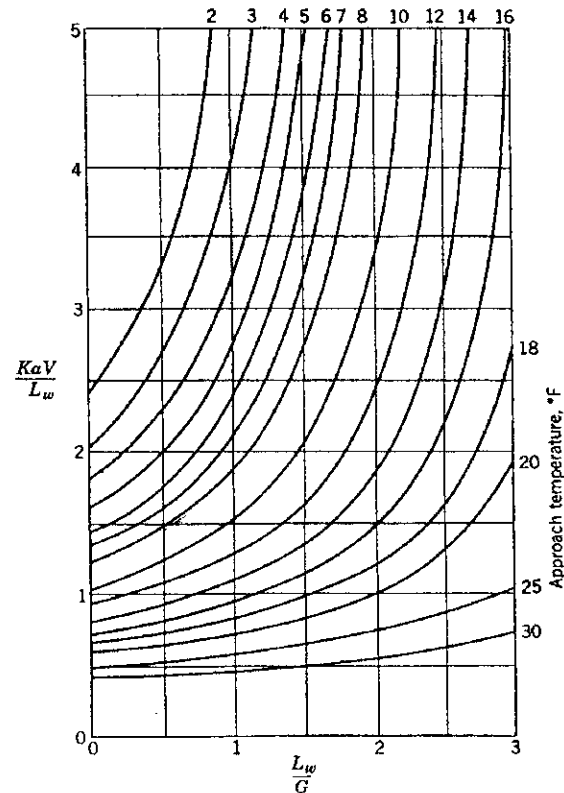


Figura 22. Gráfica que representa el comportamiento de una torre de enfriamiento.

La cantidad de calor que puede ser removido por unidad de volumen de la torre depende en la geometría de la estructura de la torre y el sistema de distribución del agua. Cuando no está disponible un juego de gráficas similar a la *figura 22*, la integración de la ecuación se vuelve muy tediosa, si existe una variedad de casos a investigar. Mientras el método logarítmico medio de entalpía basado en la diferencia de las entalpías de entrada y salida podría subestimar el valor de la característica de la torre KaV/L , la curva para H_s en *figura 20* puede ser reemplazada por una línea recta dibujada de manera mostrada en *figura 23* para dar la misma área bajo la curva. La posición de esta línea debe ser definida por la introducción de la entalpía de corrección δh donde⁵²

$$\delta H = \frac{H_{s1} + H_{s2} - 2H_{sm}}{4}$$

⁵² Referencia [4]

H_{s1} y H_{s2} son los valores de H_s en la salida y entrada respectivamente, y H_{sm} es el valor de H_s evaluado a temperatura promedio $(t_{w1} + t_{w2})/2$.

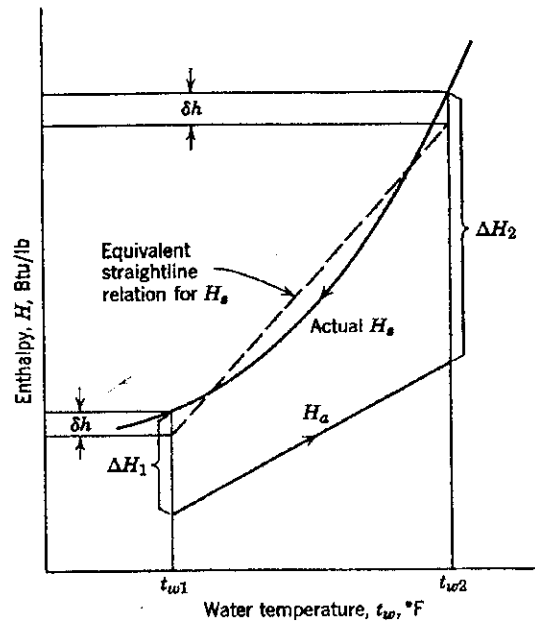


Figura 23. Método de aproximación a la curva H_s con un línea recta para simplificación de cálculos.

Si ΔH_1 y ΔH_2 son la diferencia de entalpía de entrada y salida entre la curva H_s y H_a mostrada en la figura 23, una aproximación de la diferencia logarítmica promedio de entalpía, ΔH_m puede definirse como⁵³

$$\Delta H_m = \frac{\Delta H_2 - \Delta H_1}{2.3 \log \left[\frac{(\Delta H_2 - \delta h)}{(\Delta H_1 - \delta h)} \right]}$$

La figura 24 da los valores para la corrección de entalpía δh como una función de la temperatura de salida del agua para una serie de valores de rangos.

⁵³ Referencia [4]

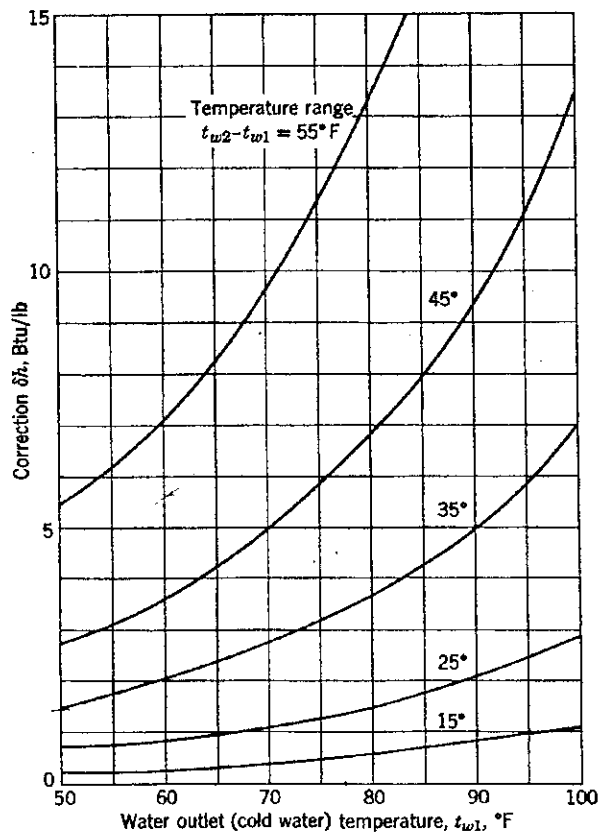


Figura 24. Valores del factor de corrección δh .

La característica de la torre puede ser calculada por⁵⁴

$$\frac{KaV}{L_w} = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\Delta H_m}$$

Lo que se conoce como *relleno* es la obstrucción que las gotas de agua encuentran al caer dentro de una torre de enfriamiento, al disminuir su velocidad para un mejor intercambio de calor. Una interesante gama de datos han sido publicados para el desarrollo de diferentes matrices de relleno. Uno de los más significantes resultados es que, para una matriz de geometría dada, la característica de la torre KaV/L_w es casi directamente proporcional a la altura de la sección del paquete de relleno. Para un mejor diseño se utilizará el relleno teórico con las siguientes características:

⁵⁴ Referencia [4]

Medidas:

Altura	24 pulgadas
Ancho	3/8 * 3/8 pulgadas cuadradas

Constantes:

A	0.119
n	0.580

Utilizando la ecuación del relleno⁵⁵:

$$\frac{KaV}{L_w} = 0.07 + AN \left(\frac{L_w}{G} \right)^n$$

$$\textit{Altura del relleno} = \textit{Altura Teórica} * N$$

Los resultados se presentan en el Capítulo 3 Sección 4.

⁵⁵ Referencia [4]

D.17. Gráfica de Funcionamiento del Ventilador

AFS-SERIES

