



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA EL REÓMETRO DE HORMIGONES DEL LABORATORIO DE REOLOGÍA QUE PERMITA CARACTERIZAR OTRO TIPO DE FLUIDOS NO NEWTONIANOS A DIFERENTES TEMPERATURAS”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

Sangolquí, 17 de agosto del 2023

AUTOR: ESPINOZA NOBOA NIXON PAUL

DIRECTOR: Ing. CARRION MATAMOROS, LUIS MIGUEL, PhD.



Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

ANTECEDENTES



PROTOTIPO DE REÓMETRO – ESTADO INICIAL

Instrumento en el cual se implementó el sistema de transferencia de calor

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

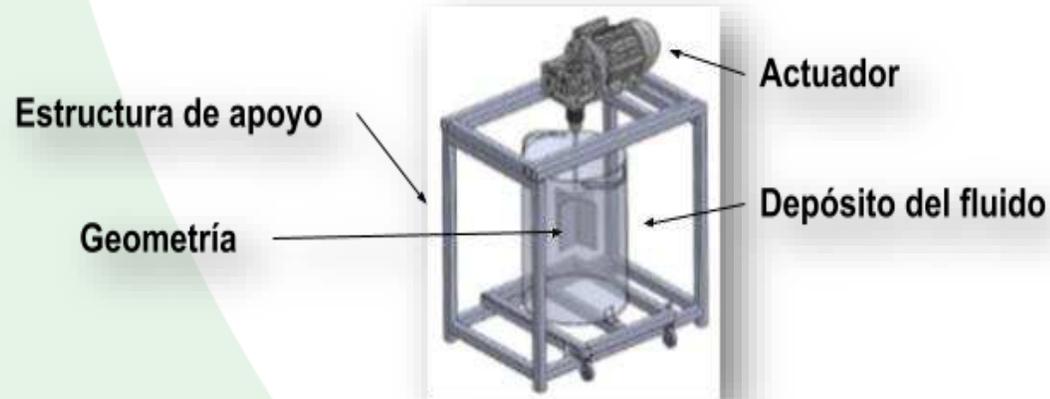
Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Un *reómetro* es un instrumento usado para medir la forma en que fluye un fluido bajo la acción de determinadas fuerzas. Aplicable a fluidos que no se definen con un único valor de viscosidad

Elementos constitutivos

DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN
Actuador	Motor AC WEG W22 de 0,5 HP
Caja reductora	Reductor BW50Q sinfín - corona
Relación caja reductora	40:1
Variador de frecuencia	Powtran PI130
Controladores	Arduino UNO
Transductor	Encoder infrarrojo FC-03

Características del recipiente

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Tamaño del recipiente cilíndrico	Diámetro: 30 cm Altura: 40 cm
Volumen de la mezcla	24,74 litros
Capacidad del recipiente	57,4 kg
Material del recipiente	Acero galvanizado
Material del vano	Acero ASTM A36
Radio del vano	7,25 cm
Distancia vano - fondo	15 cm



Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

OBJETIVOS



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de transferencia de calor.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conceptualizar y diseñar un sistema de transferencia de calor para realizar estudios reológicos dentro de un rango de temperaturas.

Diseñar un sistema de control de temperatura.

Construir un sistema de transferencia de calor.

Realizar **pruebas de operación** efectuando estudios de las propiedades reológicas de fluidos no newtonianos.

Validación de la curva de flujo estacionario para obtener información del comportamiento reológico de algunos fluidos no newtonianos.



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

REOLOGÍA

- Ciencia que estudia el flujo y la deformación de la materia.
- Comportamiento de los fluidos no newtonianos.

REOMETRÍA

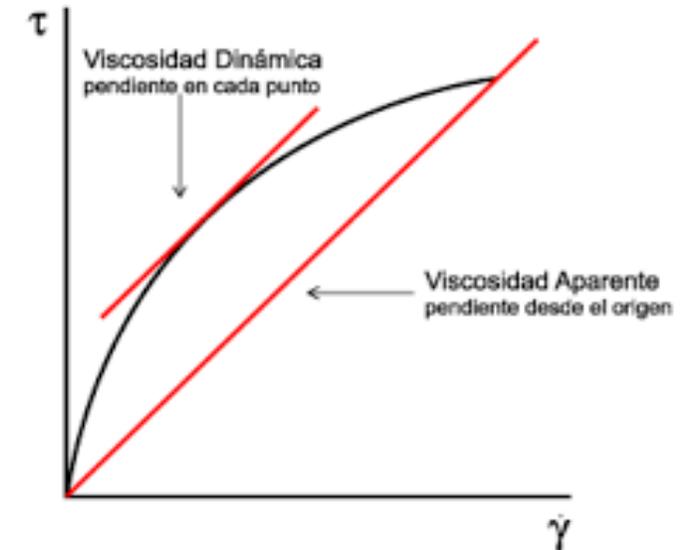
- Técnica experimental para determinar propiedades reológicas de los materiales.

VISCOSIDAD DINÁMICA

- Viscosidad absoluta
- Propiedad intrínseca de resistencia al flujo

VISCOSIDAD APARENTE

- Comportamiento no lineal de flujo
- Cociente entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación



Curva de flujo en representación de la viscosidad dinámica y aparente



Factores que influyen en la viscosidad

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

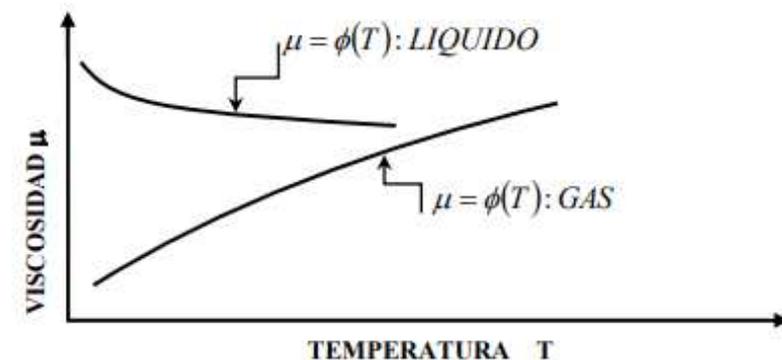
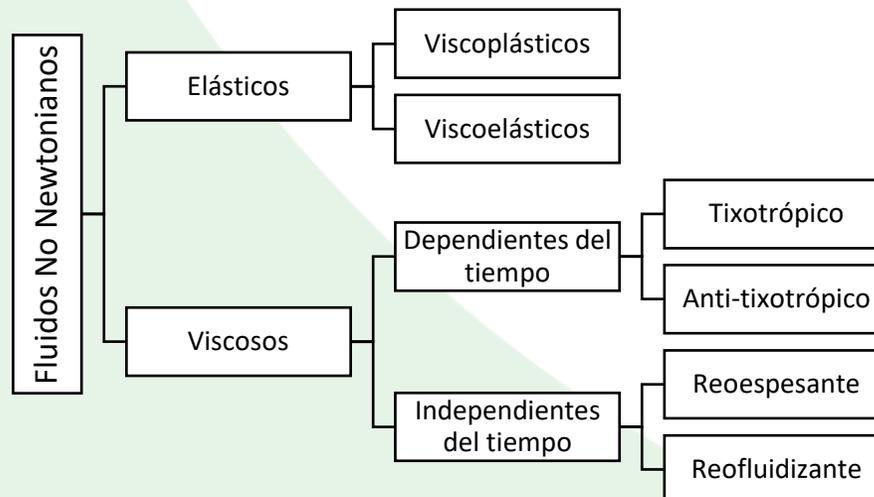
Trabajos futuros

VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN

- Permite clasificar fluidos en rangos de magnitud de velocidad de deformación para el estudio de su comportamiento.
- Fluidos newtonianos y no newtonianos.

TEMPERATURA

- A medida que la temperatura aumenta la viscosidad de los líquidos disminuye.
- En los gases el fenómeno ocurre de manera inversa





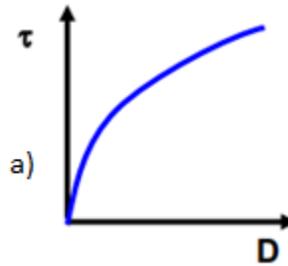
MARCO TEÓRICO

Tipos de fluidos no newtonianos - viscosos

INDEPENDIENTES DEL TIEMPO

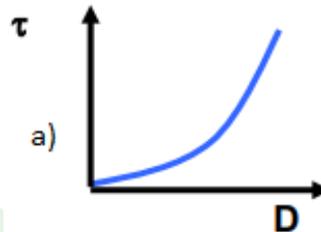
REOFLUIDIZANTE

- Adelgazamiento por cizalla.
- La viscosidad del fluido disminuye a medida que se aumenta la magnitud del esfuerzo cortante.



REOESPESANTE

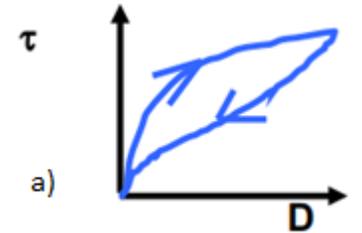
- Comportamiento de espesamiento por cizalla.
- La viscosidad aumenta mientras el esfuerzo cortante crece.



DEPENDIENTES DEL TIEMPO

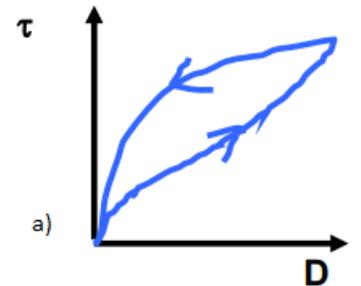
TIXOTRÓPICO

- Con velocidad de deformación constante presentan una disminución de su viscosidad aparente.



ANTI-TIXOTRÓPICO

- Reopécticos
- Comportamiento inverso a un fluido tixotrópico



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

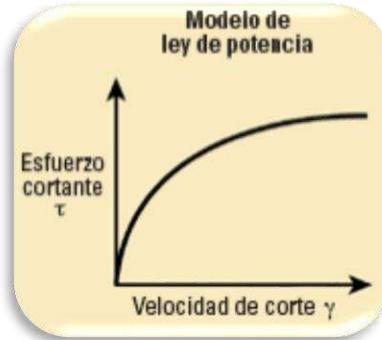


Modelos reológicos

Describe la relación entre la velocidad de deformación y el esfuerzo de corte mediante una expresión matemática

OSTWALD DE WAELE

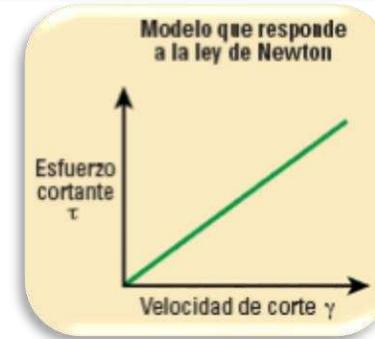
- Ley de la potencia, no lineal
- Índice de consistencia "K"
- Índice de flujo "n" reoespesantes ($n > 1$) reofluidizantes ($n < 1$)



Ostwald de Waele (Dilatante)
 $\tau = K\dot{\gamma}^n, n > 1$

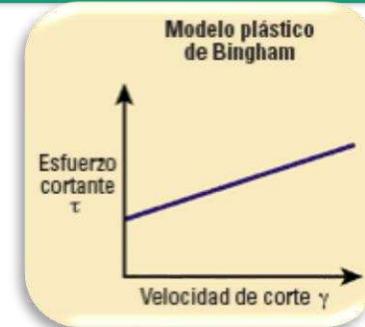
Ostwald de Waele (Pseudoplástico)
 $\tau = K\dot{\gamma}^n, n < 1$

LEY DE NEWTON



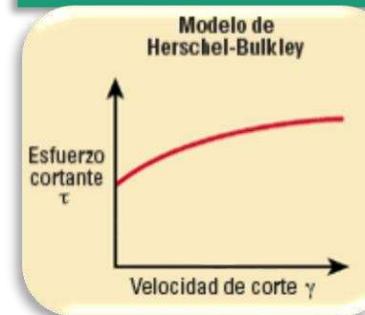
Newtoniano
 $\tau = \mu \dot{\gamma}$

PLÁSTICO DE BINGHAM



Bingham (Plástico ideal)
 $\tau = \tau_0 + \eta_p \dot{\gamma}$

HERSCHEL BULKLEY



Herschel-Bulkley (Plástico real)
 $\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

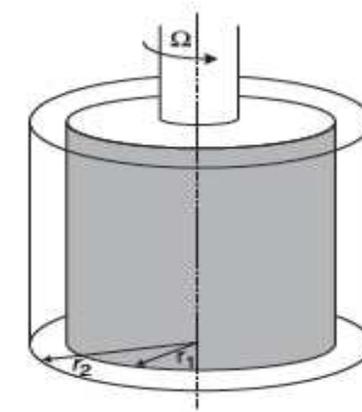
Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

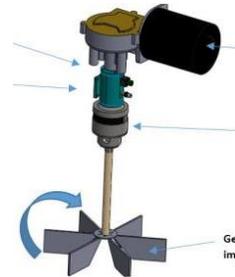


Reómetro rotacional

Incluye un rotor que gira dentro de un recipiente con el fluido de estudio



REÓMETRO DE LABORATORIO HÍBRIDO DISCOVERY DHR 2



- Fundamentos de flujo de Couette, basado en la resistencia a la torsión proporcionada por el fluido.
- Husillo giratorio con geometría de paleta.
- La velocidad de cizalla y el esfuerzo de corte se determinan en función de las dimensiones geométricas de los elementos constitutivos del reómetro

Velocidad de cizalla:
$$\dot{\gamma} = \frac{2 \omega R_o^2}{R_o^2 - R_i^2}$$

Esfuerzo cortante:
$$\tau = \frac{T}{2 \pi h R_i^2}$$

- Geometrías: cono y plato, platos paralelos, torsión rectangular vanos o paletas.
- Control Activo de Temperatura (ATC): Peltier o tipo horno.

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

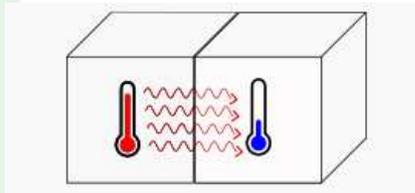
Trabajos futuros

CALOR:
Forma de energía.
Diferencia de temperatura

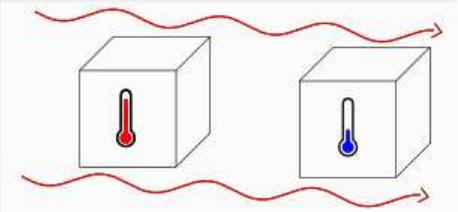
TRANSFERENCIA DE CALOR:
Fenómeno físico que genera un flujo de calor
Dos medios en contacto

TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

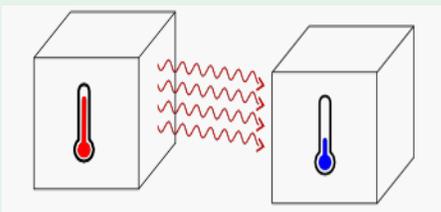
CONDUCCIÓN



CONVECCIÓN



RADIACIÓN



CONDUCTIVIDAD TERMICA

CALOR ESPECIFICO

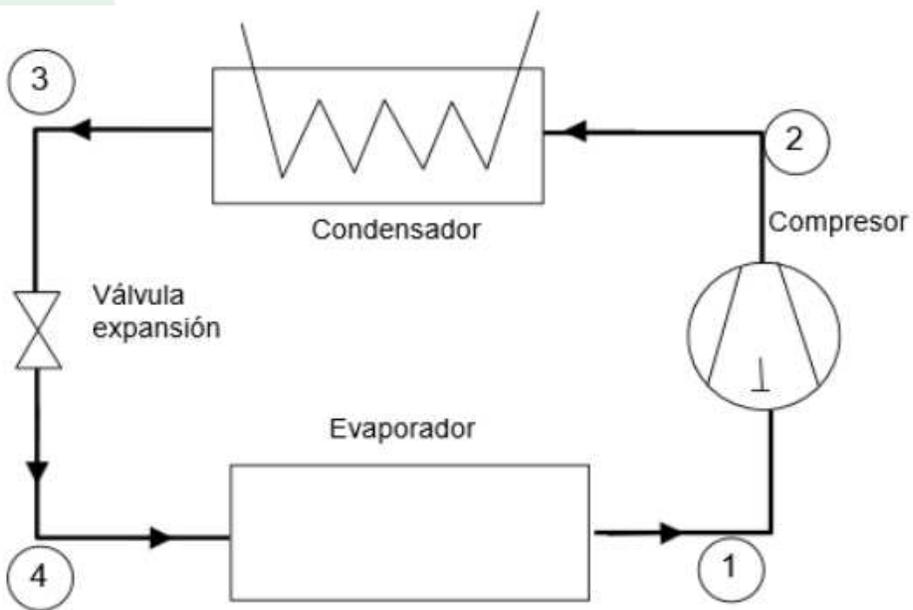
RESISTENCIA TERMICA

EQUILIBRIO TERMICO



SISTEMA DE COMPRESIÓN DE VAPOR

Circulación de un líquido refrigerante volátil a través de un circuito cerrado



COMPRESOR

- Actuador principal

CONDENSADOR

- Transformar el gas refrigerante a estado líquido
- Disipar el calor

DISPOSITIVO DE EXPANSIÓN

- Produce una caída de presión y temperatura

EVAPORADOR

- El refrigerante cambia de estado de líquido a gas
- Sustraer la energía calórica

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

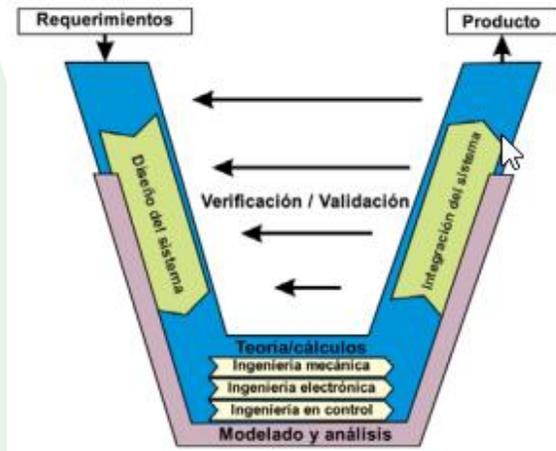
Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

DISEÑO



PARTES SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR



Norma VDI 2206

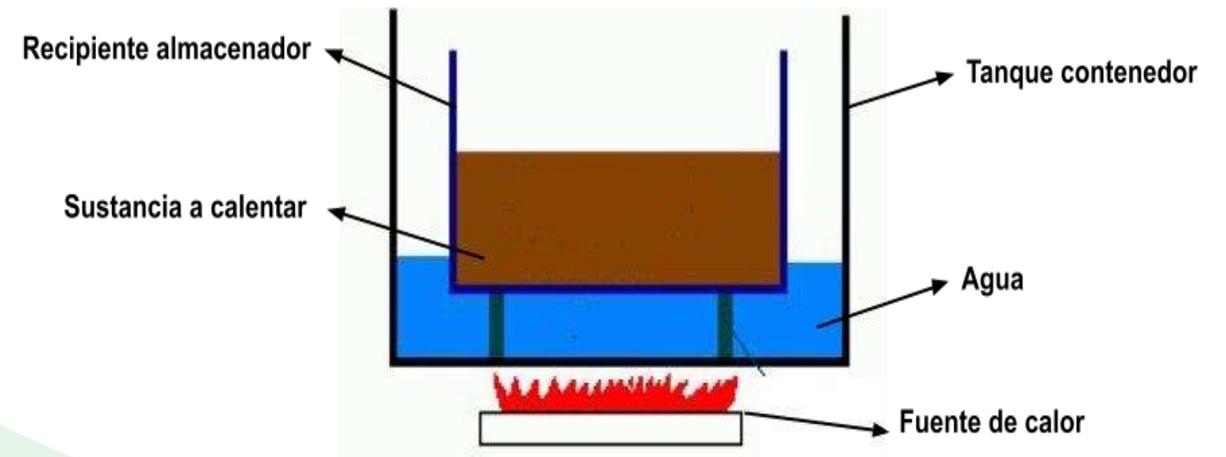
Sistema de transferencia de calor

Mecanismo de calentamiento

Sistema de enfriamiento



Metodología de Hans Gugelot



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

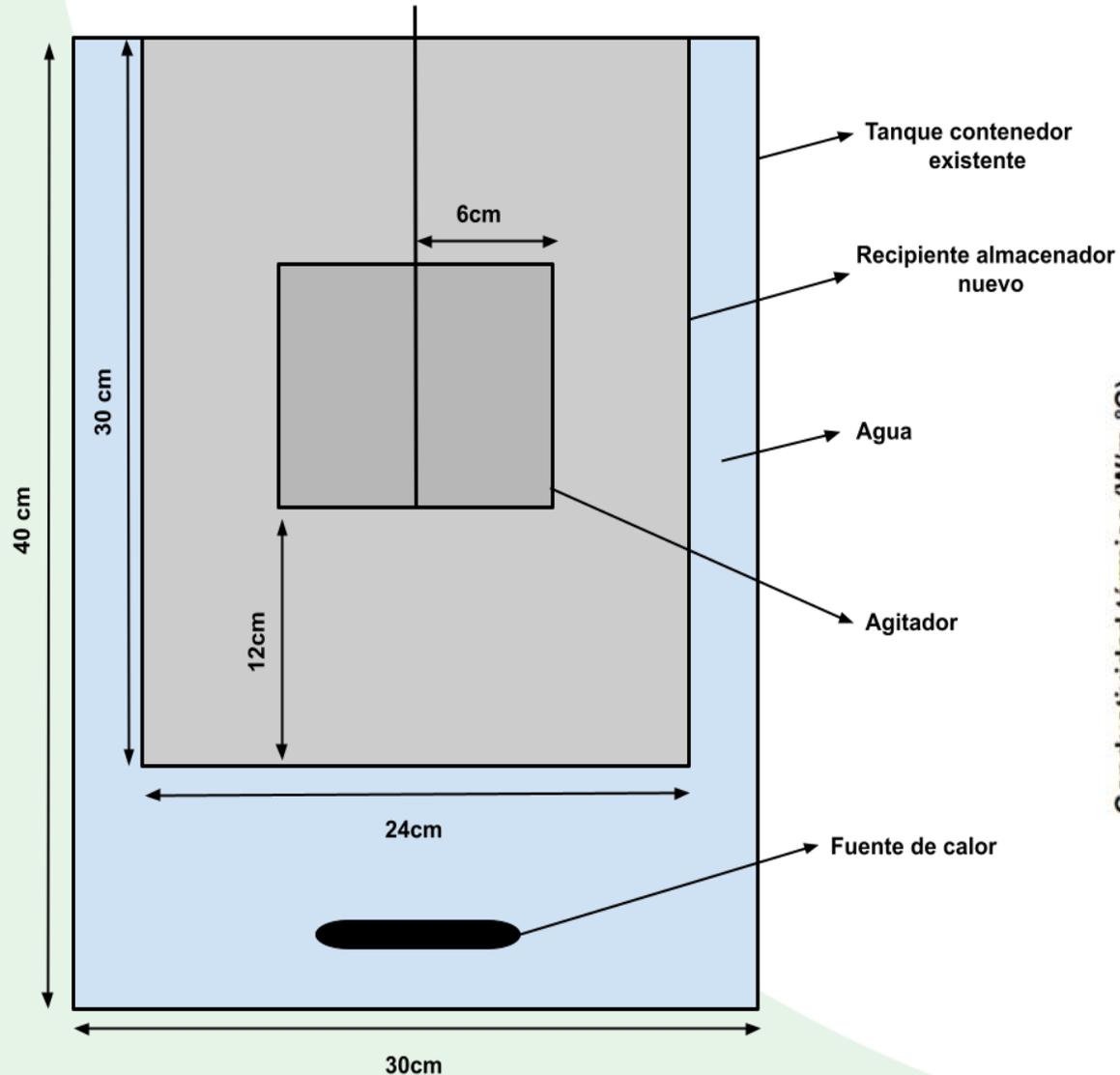
Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

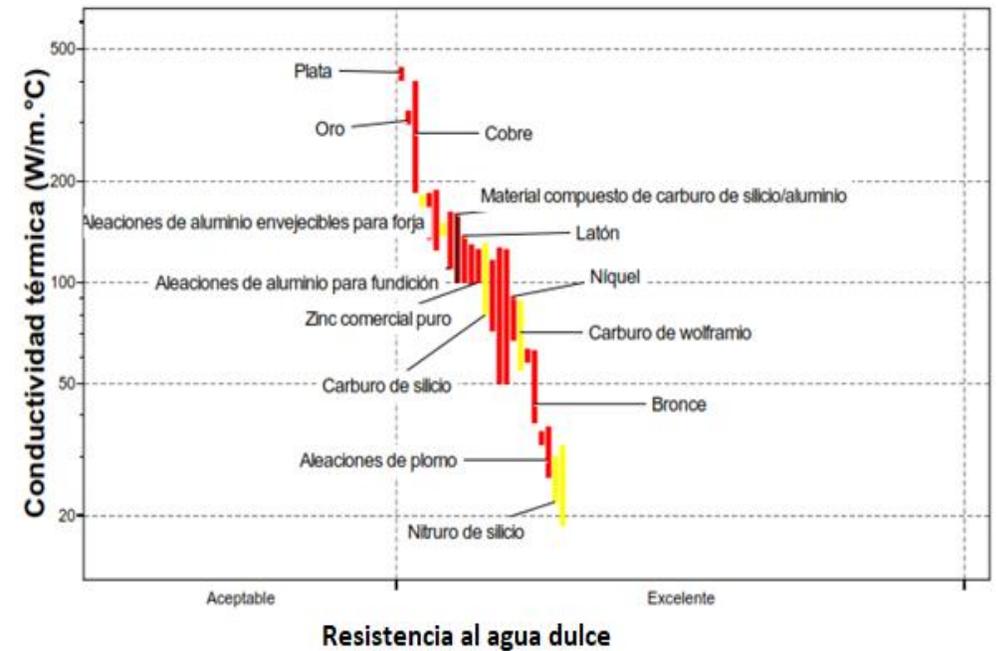
Trabajos futuros



DISEÑO SISTEMA BAÑO MARÍA



- 11,62 litros tanque contenedor de agua.
- 13,12 litros recipiente almacenador de la muestra de estudio.



- Aluminio

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

DIMENSIONAMIENTO



SELECCIÓN MECANISMO DE CALENTAMIENTO

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

Requerimientos	Caldera a fuego directo	Resistencia eléctrica	Inducción electromagnética	Intercambiador de calor
Costo	4	5	2	2
Facilidad de instalación	3	4	4	1
Eficiencia	1	4	5	2
Potencia	4	3	5	4
Accesibilidad	4	5	3	3
Robustez	3	4	3	3
Total	19	25	22	15

$$\dot{Q}_i = 1013,36 W$$



ESPECIFICACIONES	DENOMINACIÓN
Tipo	Resistencia eléctrica
Voltaje de operación	110 V
Consumo de corriente máximo	10,36 A
Potencia nominal	1200 W



SELECCIÓN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

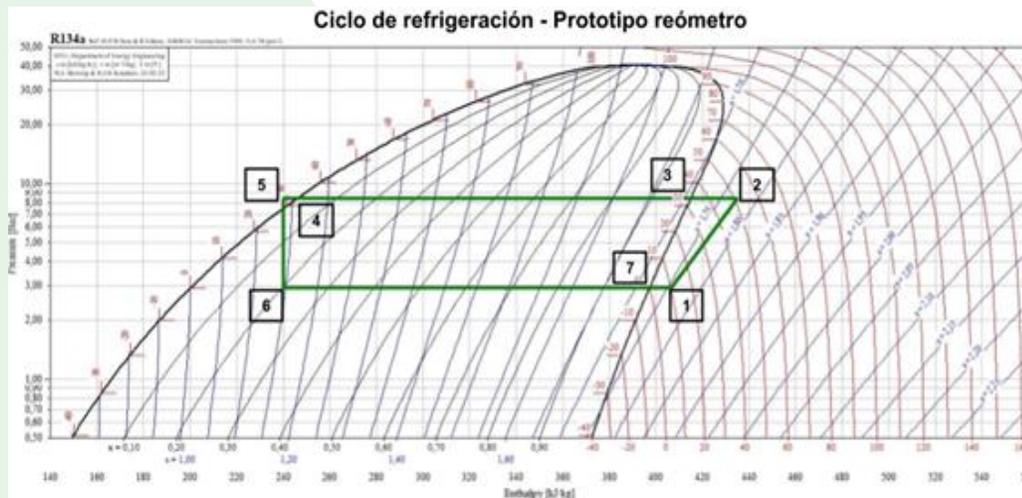
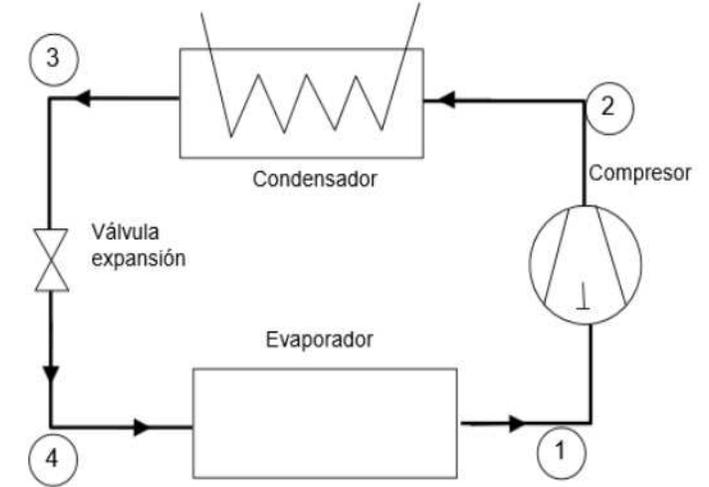
Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

	R-410A	R-134A	R404A
Peso molecular	3	1	2
Temperatura crítica	1	3	2
Presión crítica	3	2	1
Impacto ambiental	1	3	2
Estabilidad con metales	2	3	2
Precio	2	3	1
Disponibilidad comercial	2	3	2
TOTAL	14	18	12



Punto	Temp [°C]	Presión [bar]	Entalpía [KJ/Kg]
1	20	4,145	412,558
2	48,27	8,386	431,722
5	28	8,386	238,582
6	10	4,145	238,582



SELECCIÓN SENSOR DE TEMPERATURA

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

Requerimientos	Termopar	RTD	Termistor
Costo	5	3	4
Accesibilidad	4	3	3
Robustez	5	3	2
Rango de medida	5	4	4
Linealidad	3	4	3
Precisión	3	4	3
Velocidad de respuesta	4	3	4
Repetibilidad	3	3	2
Tamaño	4	2	3
TOTAL	36	29	28

ESPECIFICACIONES	DENOMINACIÓN
Tipo	Termocupla tipo K
Rango de temperatura	-200°C a 1300°C
Resolución de temperatura	0,25°C
Precisión	1,5 °C
Voltaje de operación	5 V
Consumo de corriente	50 mA
Transmisor	MAX6675
Modo de salida	SPI





SELECCIÓN DE CONTROLADOR

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Requerimientos	Arduino	Raspberry pi	PLC	my RIO
Costo	5	4	2	1
Accesibilidad	5	5	3	2
Aplicabilidad	5	3	2	3
Entradas digitales	4	4	5	5
Entradas análogas	4	4	5	5
Velocidad de procesamiento [Mhz]	2	3	4	5
Versatilidad	5	4	3	3
Robustez	3	2	4	5
TOTAL	33	29	28	29

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

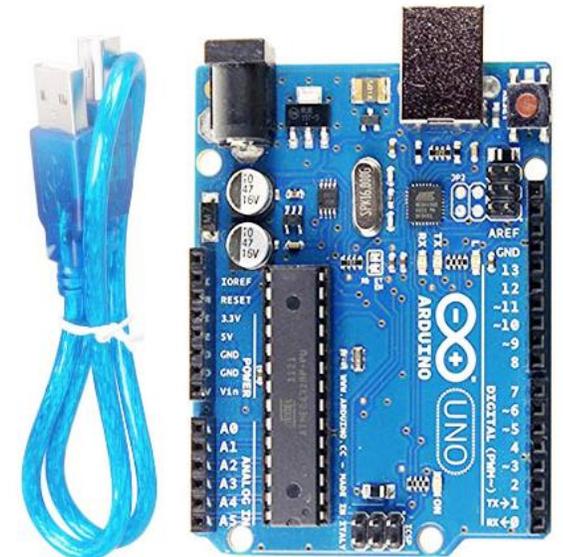
Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

ESPECIFICACIONES	DENOMINACIÓN
Denominación	Arduino UNO R3 ATmega328P
Voltaje de operación	5 VDC
Velocidad de reloj	16 MHz
Tipo de conexión	1 puerto serial
Pines digitales	14 pines
Pines PWM	6 pines
Pines analógicos	6 pines





SELECCIÓN DE MATERIALES DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN DE VAPOR

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

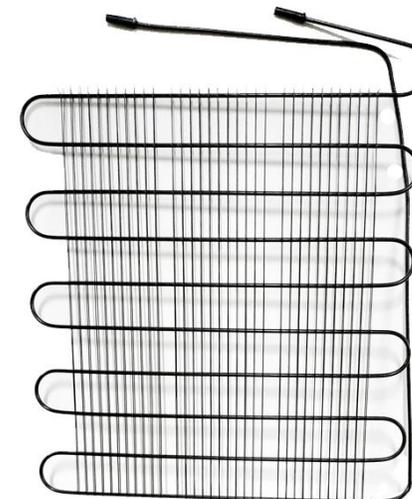
Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

Matriz de comparación y selección del compresor

Requerimientos	EMBRACO EMI40HNR	SIKELAN QD30H11	DAEWOO LU66XZ1
Potencia	3	3	3
Refrigerante	3	3	3
Desplazamiento	2	3	2
Precio	1	3	2
Tamaño	3	2	1
Disponibilidad	1	2	1
TOTAL	13	16	12





Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

INTERFAZ Y PROGRAMACIÓN



Pantalla de presentación

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Ingeniería Mecatrónica

Reómetro de campo para valoración de las propiedades autocompactantes en hormigones y otros fluidos no newtonianos con control de temperatura.

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

Pantalla configuración inicial

Presentación Reómetro

Configuración Inicial Prueba 1 Control de temperatura Ayuda

Configuración Serial Arduino #1
VISA resource name: %COM1

Configuración Serial Arduino #2
VISA resource name 2: %COM4

Configuración Serial Temperatura
VISA resource name 3: %COM1

Set Point Torque: 20

Configuración almacenamiento de datos
Parámetros reológicos

Directorio de guardado: G:\usuarios\REOMETRO CONCRETO\Blocs de notas

Nombre del archivo: Prueba normal

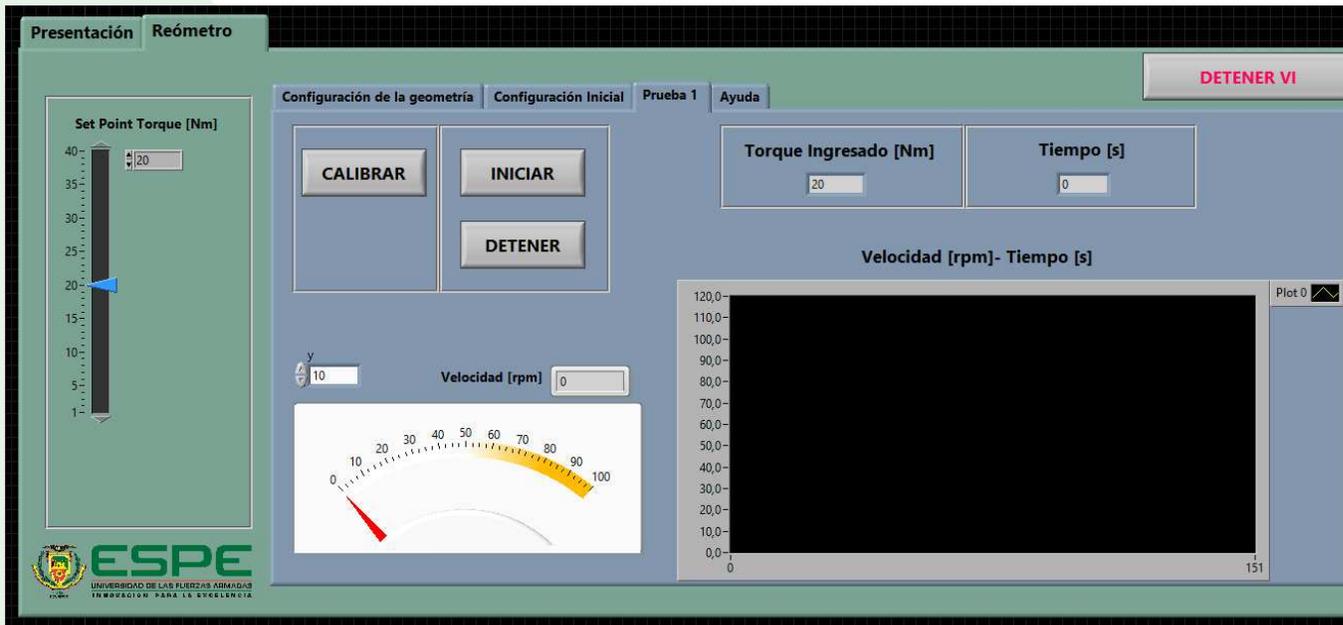
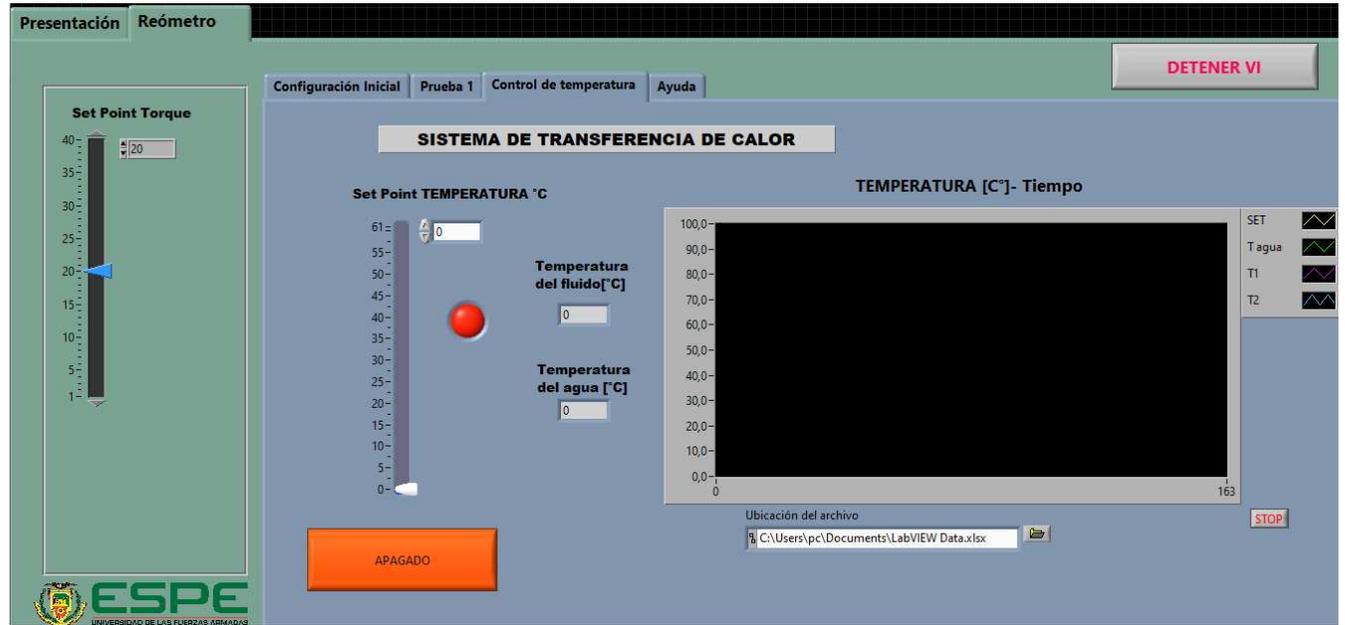
Tiempo muestreo [s]: 1

milliseconds to wait: 20

DETENER VI



Pantalla configuración inicial



Pantalla de pruebas

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

Presentación **Reómetro**

Configuración de la geometría **Configuración Inicial** **Prueba 1** **Ayuda**

DETENER VI

Set Point Torque [Nm]

40
35
30
25
20
15
10
5
1

20

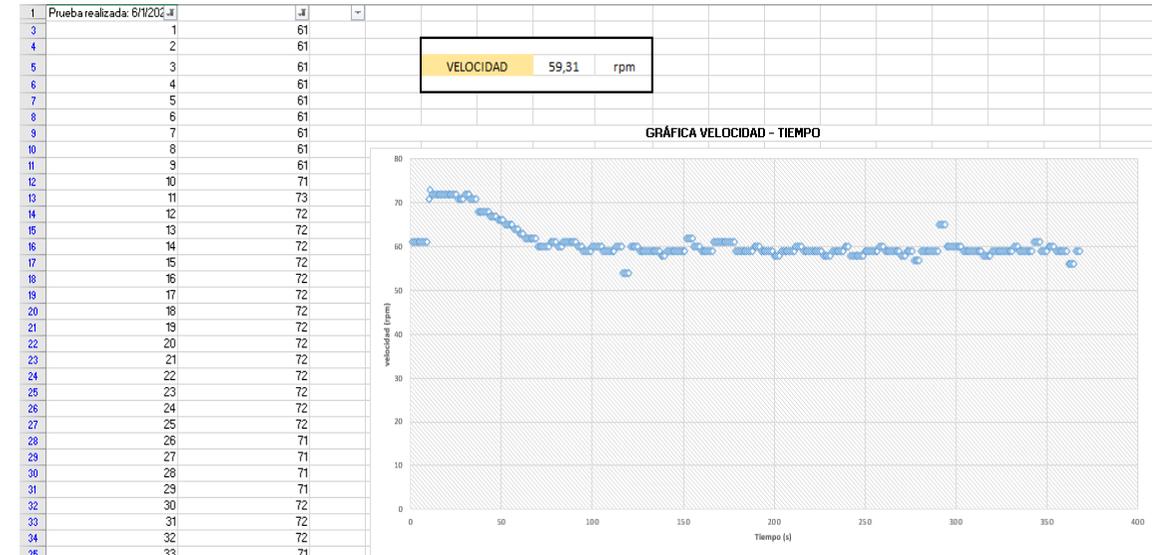
- Seleccionar la pestaña "Configuración inicial".
- Seleccionar la dirección del directorio de guardado.
- Establecer un nombre al archivo excel donde se guardaran los datos, para cada una de las pruebas.
- Seleccionar el tiempo de muestreo deseado para el guardado de datos en el archivo bloc de notas.
- En la pestaña "Prueba" presionar el boton "CALIBRAR" para encender el motor.
- Seleccionar el torque al cual deseamos realizar la prueba
- Presionamos el botón "INICIAR" para empezar la prueba

Una vez obtenido los datos necesarios. precionar el botón "DETENER".

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pantalla de ayuda

Almacenamiento de datos





PROGRAMACIÓN

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

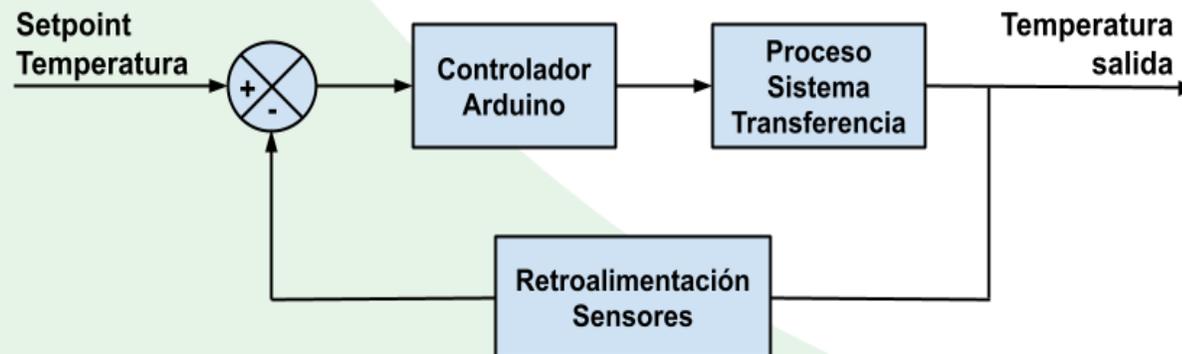
Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

Esquema de Comunicación Control Motor



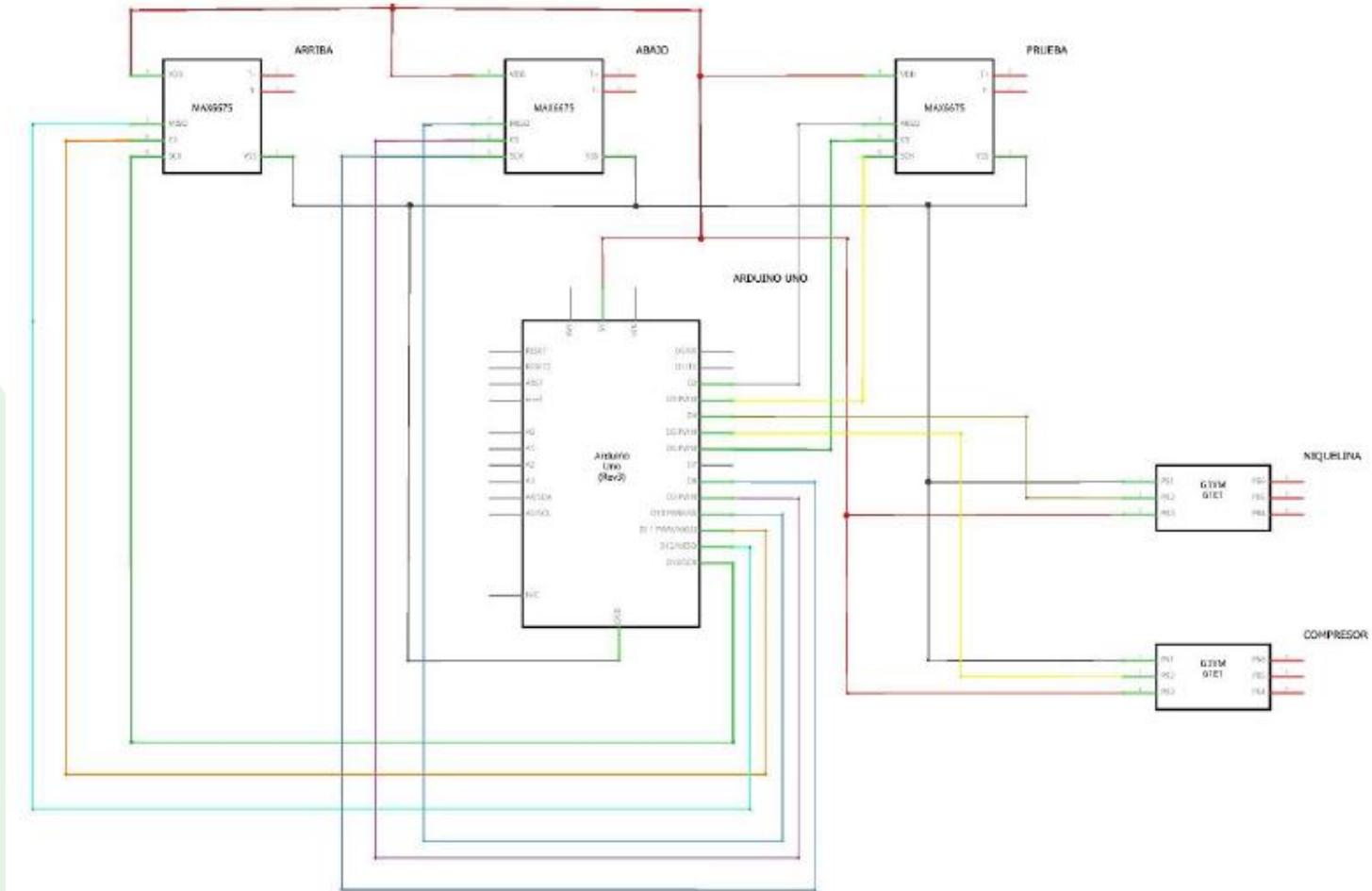
Esquema de Comunicación Control Temperatura





PROGRAMACIÓN

Diagrama de conexión de los dispositivos electrónicos



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

CONSTRUCCIÓN



CONSTRUCCIÓN

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros





Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

PRUEBAS Y RESULTADOS



CONDICIONES DE ENSAYO

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

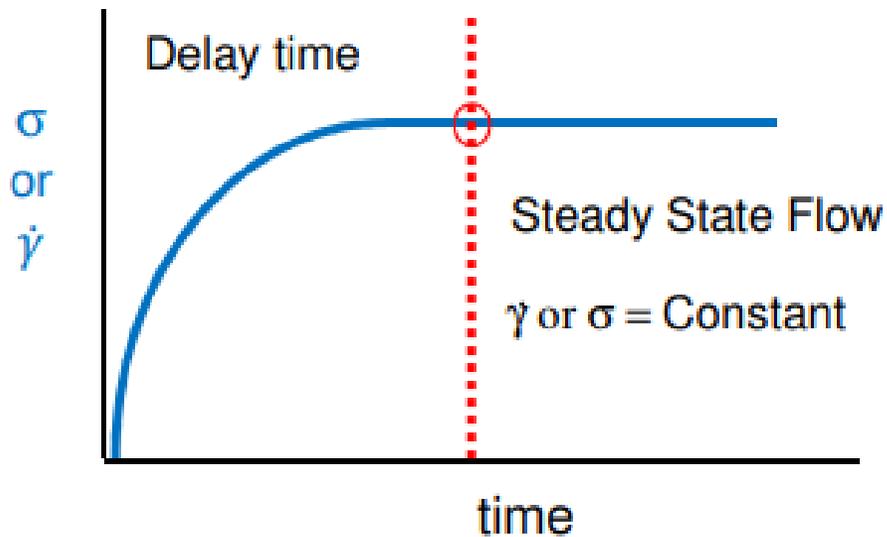
Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Los ensayos en reómetro DHR2 TA son para comparar las mediciones y calibrar la medición del prototipo

Ensayo de tipo flujo escalonado, se obtiene el valor de viscosidad cuando se alcanza el estado estacionario

Los ensayos se ejecutan a dos diferentes temperaturas de 20°C y 40°C



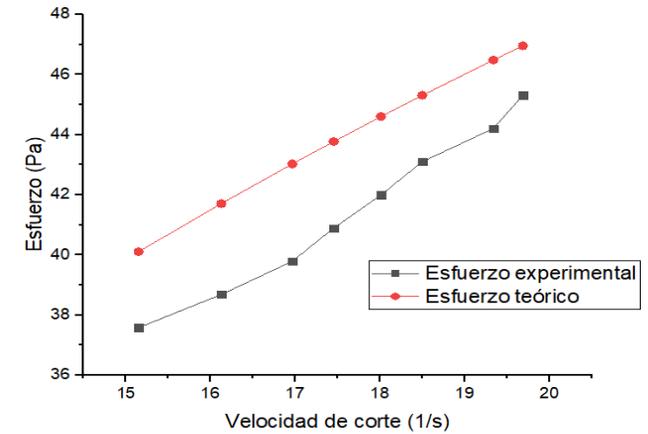
PRUEBAS JABÓN LIQUIDO

Parámetros reológicos jabón líquido

	K	N	R ²
20°C	5,15	0,726	0,984
40°C	0,451	0,816	0,983

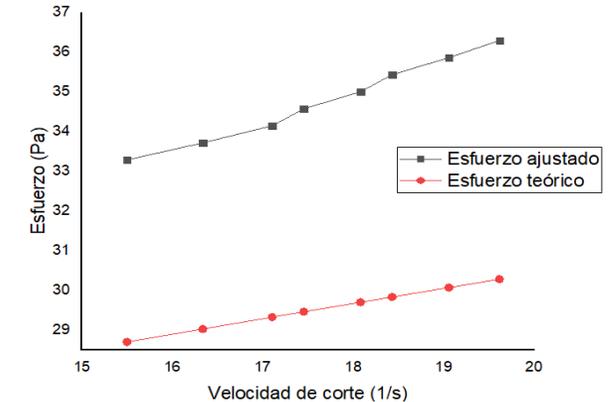
Datos teóricos y experimentales jabón líquido a 20°C

Velocidad de corte [1/s]	19,687	19,338	18,500	18,012	17,453	16,965	16,127	15,149
Esfuerzo experimental [Pa]	45,315	44,210	43,104	41,999	40,894	39,789	38,683	37,578
Esfuerzo teórico [Pa]	46,962	46,488	45,314	44,605	43,774	43,028	41,709	40,105



Datos teóricos y experimentales jabón líquido a 40°C

Velocidad de corte [1/s]	19,403	19,130	18,856	18,583	18,310	18,037	17,763	16,943
Esfuerzo experimental [Pa]	37,364	36,406	35,448	34,490	33,532	32,574	31,616	30,658
Esfuerzo teórico [Pa]	5,073	5,021	4,968	4,914	4,860	4,806	4,752	4,586



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



PRUEBAS SALSA DE TOMATE

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

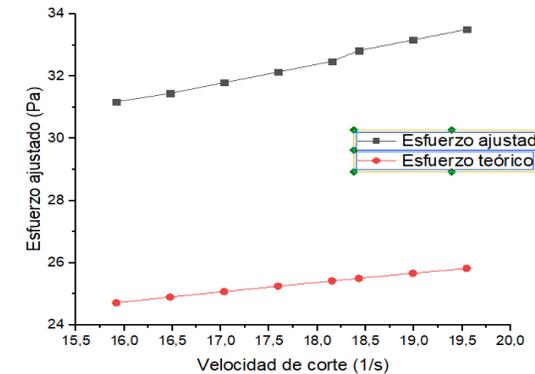
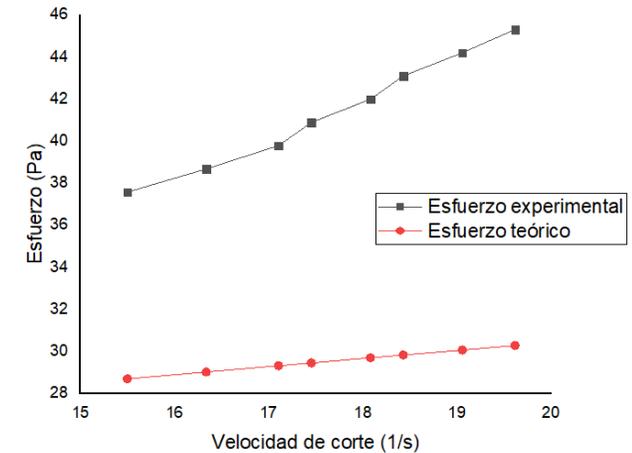
Datos teóricos y experimentales salsa de tomate a 20°C

Velocidad de corte [1/s]	19,618	19,059	18,431	18,082	17,453	17,104	16,336	15,499
Esfuerzo experimental [Pa]	45,315	44,210	43,104	41,999	40,894	39,789	38,683	37,578
Esfuerzo teórico [Pa]	30,279	30,070	29,832	29,699	29,459	29,324	29,025	28,696

Datos teóricos y experimentales salsa de tomate a 40°C

Velocidad de corte [1/s]	19,548	18,989	18,431	18,151	17,593	17,034	16,476	15,917
Esfuerzo experimental [Pa]	44,210	43,104	41,999	40,894	39,789	38,683	37,578	36,694
Esfuerzo teórico [Pa]	25,823	25,664	25,501	25,418	25,248	25,074	24,896	24,714

	K	N	R ²
20°C	11,63	0,381	0,984
40°C	11,44	0,360	0,992



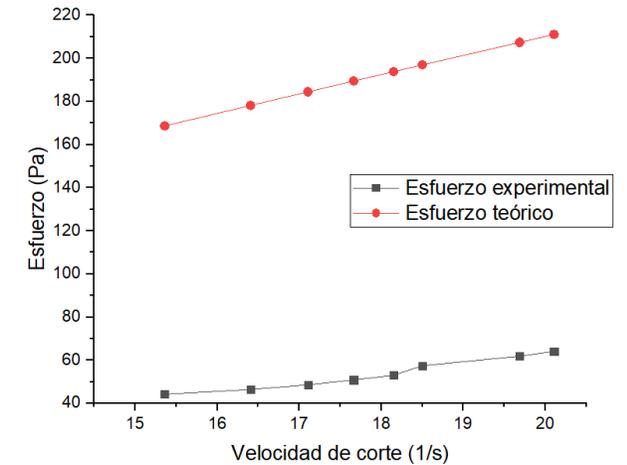


PRUEBAS CON MELAZA

	K	N	R ²
20°C	17,29	0,833	0,994
40°C	19,49	0,381	0,992

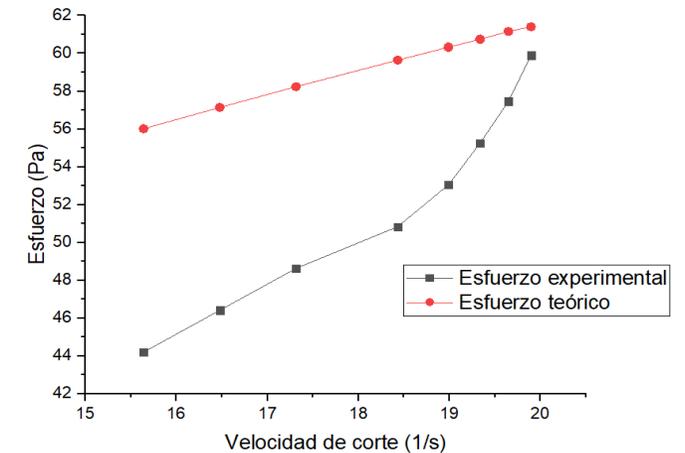
Datos teóricos y experimentales de la melaza a 20°C

Velocidad de corte (1/s)	20,106	19,687	18,500	18,151	17,663	17,104	16,406	15,359
Esfuerzo experimental (Pa)	64,104	61,894	57,473	53,052	50,841	48,631	46,420	44,210
Esfuerzo teórico (Pa)	211,104	207,437	196,967	193,856	189,505	184,497	178,200	168,676



Datos teóricos y experimentales de la melaza a 40°C

Velocidad de corte (1/s)	19,897	19,648	19,338	18,989	18,431	17,314	16,476	15,638
Esfuerzo experimental (Pa)	59,894	57,473	55,262	53,052	50,841	48,631	46,420	44,210
Esfuerzo teórico (Pa)	61,405	61,160	60,748	60,330	59,648	58,241	57,146	56,018



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

Los resultados evidenciados en los ensayos permiten concluir que los fluidos utilizados en las pruebas presentan un comportamiento de adelgazamiento por cizalla, ya que se observa que el esfuerzo cortante aumenta a medida que la velocidad de corte crece.

A través del modelamiento reológico por ley de potencias con los parámetros resultantes, se verifica cuantitativamente que la temperatura incide considerablemente en el comportamiento de flujo de fluidos no newtonianos, haciendo importante que la integración de un control de temperatura en un reómetro.

La temperatura más alta que podrá alcanzar el fluido a analizar dependerá de su densidad y el calor específico que lo caracteriza.

Se diseñó algunas posibilidades para la ubicación de los sensores dentro del recipiente de almacenamiento sin que interfieran en la medición, se escogió la disposición más eficiente y fácil de implementar a la estructura del sistema de transmisión de calor.

Se selecciona como material constitutivo del recipiente almacenador del fluido de estudio el aluminio por su elevado valor de conductividad térmica y la alta resistencia a la oxidación exhibida.

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



RECOMENDACIONES

Limpiar completamente el prototipo después de realizar los ensayos para preservar los elementos, alargar la vida útil de los mismos y evitar acumulación de partículas indeseables.

Utilizar un ordenador con alta capacidad de procesamiento para obtener la información con rapidez y optimizar el funcionamiento del prototipo.

Es conveniente realizar varias mediciones para descartar errores, ya sea por vibración, o por corrientes parásitas que se produzcan en los sensores.

Se recomienda implementar un Touch panel en el gabinete para no depender de un computador al realizar las pruebas de campo.

Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Antecedentes

Justificación e
importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y
Programación

Construcción

Pruebas y
resultados

Conclusiones y
Recomendaciones

Trabajos futuros

Trabajos futuro



Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

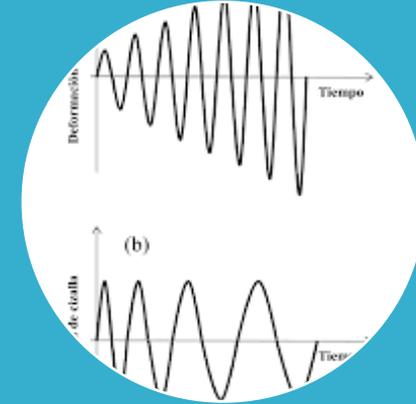
Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros



Sustituir los dispositivos electrónicos y los microcontroladores por un PLC para un mejor desempeño y robustez del equipo.



Modificar el control para poder hacer pruebas con cizalla oscilante.





Antecedentes

Justificación e importancia

Objetivos

Marco teórico

Diseño

Dimensionamiento

Interfaz y Programación

Construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Trabajos futuros

