

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERA ELECTRÓNICA**

**TEMA:  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
LAVADORA DE JEAN'S DE LA EMPRESA BULL'S XTREME JEAN'S**

**AUTOR:  
ERIKA FERNANDA GUALLICHICO MOLINA**

**TUTOR:  
HAMILTON LEONARDO NÚÑEZ VERDEZOTO**

**Quito, septiembre del 2019**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Erika Fernanda Guallichico Molina, con documento de identificación N° 1722505425-5, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LAVADORA DE JEAN’S DE LA EMPRESA BULL’S XTREME JEAN’S”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Electrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

Erika Fernanda Guallichico Molina

Cédula: 1722505425

Quito, septiembre 2019

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LAVADORA DE JEAN’S DE LA EMPRESA BULL’S XTREME JEAN’S”, realizado por Erika Fernanda Guallichico Molina, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre 2019.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and flourishes, positioned above a horizontal line.

---

Ing. Hamilton Leonardo Núñez Verdezoto  
Cédula de identidad: 1712981487

## **DEDICATORIA**

En el presente trabajo de titulación dedico principalmente a Dios, con la fe hacia el ser supremo ha sido el inspirador, fuerza, para llevar a cabo uno de los anhelos más deseados para mi vida personal y profesional.

A mis padres Margarita y Roberto quienes, con su amor, cariño, trabajo, y sobre todo sacrificio han permitido llegar a concluir con uno de mis sueños; gracias por inculcar el ejemplo de esfuerzo, dedicación y valentía ante cualquier adversidad que nos depara el camino de la vida para seguir creciendo como persona y jamás desfallecer en mis metas trazadas.

A mi esposo Paúl quien con su amor, apoyo, respaldo, motivación y conocimiento quien ha logrado prescindir de fallas en el trabajo bajo críticas constructivas.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en especial a mi tutor de tesis, el Ing. Hamilton Leonardo Núñez Verdezoto por su paciencia, guía y apoyo en este trabajo para alcanzar los objetivos planteados gracias a su conocimiento, sabiduría, motivación y consejos.

Agradezco a mi familia por ser el pilar fundamental en este logro, gracias a su apoyo en momentos buenos, malos. Gracias por creer en mí y mis capacidades.

Agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica por sus conocimientos transmitidos, sabiduría y motivación cumpliendo la misión de formar “honrados ciudadanos y buenos cristianos”.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	2
<b>ANTECEDENTES</b> .....	2
1.1    Problema de Estudio.....	2
1.2    Justificación.....	2
1.3    Objetivos .....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos .....	3
1.4    Metodología.....	3
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	4
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1    Proceso de lavado textil del Jean.....	4
2.1.1    Lavados industriales.....	4
2.2    Sistemas Automáticos .....	5
2.3    Control automático de procesos industriales.....	6
2.4    Simulación de procesos industriales.....	6
2.4.2    TeslaScada 2.0 .....	7
2.4.3    Archestra.....	7
2.5    Interfaz HMI.....	8
2.6    Análisis Costo-Beneficio.....	9
2.7    Aplicaciones similares industriales .....	9
2.7.1    Aplicación 1 .....	9
2.7.2    Aplicación 2 .....	10
2.7.3    Aplicación 3 .....	11
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	13

<b>DISEÑO</b> .....	13
3.1 Caracterización del proceso.....	13
3.1.1 Descripción general de la lavadora industrial de jeans .....	13
3.1.2 Descripción independiente de los componentes .....	14
3.2 Secuencia de operación de la máquina.....	16
3.2.1 Proceso Stones sucios .....	16
3.2.2 Proceso de lavado de stones tinturados.....	18
3.2.3 Proceso de lavado tinturado .....	19
3.3 Plano de instrumentación de la lavadora frontal .....	20
3.4 Propuesta de sistemas de automatización.....	20
3.4.1 Propuesta 1 .....	21
3.4.2 Propuesta 2 .....	21
3.4.3 Propuesta 3 .....	22
3.5 Alternativas de soluciones.....	22
3.5.1 Controladores .....	23
3.5.2 Interfaz .....	23
3.5.3 Sensor de nivel .....	24
3.5.4 Sensor de temperatura.....	24
3.5.5 Dosificador de químicos .....	25
3.6 Generación de la solución .....	25
3.6.1 Análisis de la evaluación de la solución controladores.....	26
3.6.2 Análisis de la evaluación de la solución Interfaz.....	27
3.6.3 Análisis de la evaluación de la solución Sensor de temperatura.....	28
3.6.4 Análisis de la evaluación de la solución Sensor de nivel.....	29
3.6.5 Análisis de la evaluación de la solución Dosificador de químicos .....	31
3.7 Solución general .....	32
3.8 Plano de instrumentación de la lavadora frontal propuesto .....	32

3.9	Diseño del HMI .....	33
3.10	Flujograma del HMI.....	34
3.11	Simulación.....	35
3.12	Pantalla principal .....	36
3.13	Pantalla de configuración automático .....	37
3.14	Pantalla del proceso de lavado stone, stone tinturado y tinturado.....	38
3.15	Pantalla de configuración manual .....	39
3.16	Pantalla de gestión de procesos .....	40
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>41</b>
<b>PRUEBA Y RESULTADOS .....</b>		<b>41</b>
4.1	Productividad.....	42
4.2	Análisis Costo - Beneficio.....	44
<b>CAPÍTULO 5.....</b>		<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>47</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	47
5.2	RECOMENDACIONES.....	48
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>49</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>		<b>53</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>		<b>54</b>
<b>ANEXO 3 .....</b>		<b>57</b>
<b>ANEXO 4 .....</b>		<b>58</b>
<b>ANEXO 5 .....</b>		<b>61</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Gama de colores de jean .....	4
Figura 2.2 Diferentes tipos de lavado de jean .....	5
Figura 2.3 Esquema de la parte de mando y parte operativa de sistemas automatizados .....	5
Figura 2.4 Simulación de un proceso industrial .....	6
Figura 2.5 Sistema HMI/SCADA .....	7
Figura 2.6 Entorno gráfico de Archestra.....	8
Figura 2.7 Ejemplo de un HMI .....	8
Figura 2.8 Estado de la Máquina Hidro lavadora .....	10
Figura 2.9 Esquema general de la planta productora de mango en almíbar .....	11
Figura 2.10 Máquina cerradora de tapa.....	12
Figura 3.1 Vista Frontal de la lavadora de Jean – Bull Xtreme .....	13
Figura 3.2 Diagrama de flujo del proceso lavado de stones sucios .....	17
Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso de stones tinturados .....	18
Figura 3.4. Diagrama de flujo del proceso de tinturados .....	19
Figura 3.5 Diagrama P&ID inicial de la lavadora frontal.....	20
Figura 3.6 Diagrama P&ID propuesto de la lavadora frontal .....	33
Figura 3.7 Diagrama de conexiones de compones hmi al plc.....	34
Figura 3.8 Diagrama de flujo de simulación HMI .....	35
Figura 3.9 Pantalla principal de HMI.....	36
Figura 3.10 Pantalla de parámetros de control del modo automático .....	37
Figura 3.11 Pantalla de procesos automático de lavado .....	38
Figura 3.12 Pantalla de configuración manual.....	39
Figura 3.13 Pantalla de gestión de procesos .....	40
Figura 4.1 Resultado efectuados por la simulación .....	41
Figura 4.2 Ingreso del peso del jean y tipo de proceso .....	42
Figura 4.3 Representación de la Tabla 4.2.....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Características, desempeño de los componentes de la lavadora frontal ...	14
Tabla 3.2 Descripción de cada componente.....	20
Tabla 3.3 Alternativa de soluciones .....	22
Tabla 3.4 Ventajas y desventajas de cada solución.....	23
Tabla 3.5 Ventajas y desventajas de las interfaces. ....	23
Tabla 3.6 Ventajas y desventajas de sensores de nivel .....	24
Tabla 3.7 Ventajas y desventajas de sensores de temperaturas. ....	24
Tabla 3.9 Evaluación del peso específico .....	25
Tabla 3.10 Evaluación del peso específico Funcionalidad .....	26
Tabla 3.11 Evaluación del peso específico Operación.....	26
Tabla 3.12 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura .....	26
Tabla 3.13 Evaluación del peso específico del criterio Costo .....	26
Tabla 3.14 Tabla de conclusión controladores.....	27
Tabla 3.15 Evaluación del peso específico Funcionalidad .....	27
Tabla 3.16 Evaluación del peso específico Operación.....	27
Tabla 3.17 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura .....	27
Tabla 3.18 Evaluación del peso específico del criterio Costo .....	27
Tabla 3.19 Tabla de conclusión interfaz .....	28
Tabla 3.20 Evaluación del peso específico Funcionalidad .....	28
Tabla 3.21 Evaluación del peso específico Operación.....	28
Tabla 3.22 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura .....	29
Tabla 3.23 Evaluación del peso específico del criterio Costo .....	29
Tabla 3.24 Tabla de conclusión sensores de temperatura .....	29
Tabla 3.25 Evaluación del peso específico Funcionalidad .....	29
Tabla 3.26 Evaluación del peso específico Operación.....	30
Tabla 3.27 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura .....	30
Tabla 3.28 Evaluación del peso específico del criterio Costo .....	30
Tabla 3.29 Tabla de conclusión sensores de nivel .....	30
Tabla 3.30 Evaluación del peso específico Funcionalidad .....	31
Tabla 3.31 Evaluación del peso específico Operación.....	31
Tabla 3.32 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura .....	31
Tabla 3.33 Evaluación del peso específico del criterio Costo .....	31

Tabla 3.34	Tabla de conclusión dosificadores de químicos.....	32
Tabla 3.35	Descripción de siglas que intervienen en el diagrama P&ID.....	33
Tabla 3.36	Detalle de los componentes del HMI principal.....	36
Tabla 3.37	Detalle de los componentes del HMI configuración automático.....	37
Tabla 3.38	Detalle de los componentes del HMI principal.....	38
Tabla 3.39	Detalle de los componentes del HMI principal.....	39
Tabla 3.40	Detalla cada ítem de la pantalla de gestión de procesos. ....	40
Tabla 4.1	Relación entre cantidad de procesos y tiempo de trabajo .....	41
Tabla 4.2	Productividad de jeans por día .....	43
Tabla 4.3	Costo de producción por semana .....	44
Tabla 4.4	Gastos de elaboración de jeans por día .....	44
Tabla 4.5	Valores de ganancias por periodos.....	46

## **RESUMEN**

La problemática que abarca el presente estudio de factibilidad de un control automático ON / OFF de la lavadora frontal de jeans perteneciente a la Empresa Bull's Xtreme Jean's ubicada en el cantón Pelileo de la provincia de Tungurahua, es la falta de conocimientos sobre los beneficios que aporta la automatización de procesos en la industria. Al ser operadas de forma manual, repercuten grandes pérdidas económicas, tiempo, insumos y hasta riesgo de salud en los operarios, es por ello que, el presente trabajo propone una solución óptima de un control automático ON/OFF para la fábrica, disminuyendo insumos, horas por operador, tiempo de trabajo y aumento de productividad. Para llevar a cabo el estudio, se consideraron tres métodos iniciando con el de observación, en el cual se indaga el tipo de proceso que se genera, siguiendo con el método deductivo para establecer varias alternativas de solución acorde a las necesidades de la fábrica y finalizando con el lógico deductivo para la selección de la mejor alternativa a partir de varios ensayos de los beneficios que aporta cada equipo. Con el objetivo de efectuar un control de temperatura y nivel de agua por cada proceso, control automático de dosificación de químicos evitando el contacto directo con el operario mejorando su seguridad.

## **ABSTRACT**

The problema that encompasses the present feasibility study of an automatic ON/OFF control of the frontal jeans washing machine belonging to the Bull's Xtrem Jean's Company located in the Pelileo cantón of Tungurahua province is the lack of knowledge about the benefits it brings the automation of processes in the industry. When operated manually great economic losses, time, supplies and even risk of health in the operators this is why, the present work proposes an optimal solution of automatic control for the factory, decreasing supplies, hours per operator, work time and productivity increase. To carry out the study, three methods were considered starting with the observation in which the type of process that is generated is investigated following the deductive method to establish several solution alternatives according to the needs of the factory and ending with the deductive logic for the selection of the best alternative from several trials of the benefits provided by each team. With the objective of carrying out a temperature and water level control for each process automatic control of chemical dosing avoiding direct contact with the operator improving their safety.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realiza el análisis de costo – beneficio de una lavadora frontal de jean de la empresa textil Bull’s Xtreme ubicada en el cantón Pelileo, mediante la simulación del proceso a partir de estudios de factibilidad realizados para cada tipo de componente que intervienen en la futura implementación del sistema de automatización.

En el capítulo 1, describe la problemática del tema, los objetivos y metodologías que se implementa en el proceso de investigación para determinar la factibilidad de la implantación futura del sistema.

En el capítulo 2, describe conceptos básicos del tipo de procesos, que realiza la lavadora frontal de jeans, dando un enfoque al tipo de simuladores asequibles para la corroboración de un sistema eficiente – eficaz, conceptos de análisis costo – beneficio y ejemplos externos de tesis en las que realizan un estudio de factibilidad de cualquier proceso.

En el capítulo 3, se realiza el diseño del proceso automático, realiza la caracterización, descripción general de la lavadora, secuencia de operación de los tres procesos que son: stone, stone tinturado, tinturado. Se realiza el diseño de planos eléctricos, de instrumentación. Mediante ingeniería concurrente se analiza las mejores alternativas para la futura implementación del sistema considerando cuatro parámetros que son: costo, funcionalidad, operación, manufactura; obteniendo una óptima solución. Finalmente describe la función de cada una de las pantallas HMI realizadas en la simulación.

En el capítulo 4, realiza las pruebas de la simulación obteniendo datos de tiempo de trabajo, cantidad de jeans lavados y numero de procesos efectuados en el día laboral.

En el capítulo 5, se describe las respectivas conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos establecidos para el estudio de factibilidad del proceso automático de la lavadora frontal.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1 Problema de Estudio

En la Empresa BULL'S XTREME ubicado en el cantón de Pelileo de la provincia de Tungurahua, se fabrica jeans, la mayor parte de maquinaria textil específicamente la máquina lavadora frontal que posee una capacidad de 55 kg aproximadamente con un peso de 1.5 toneladas, 2 metros de ancho, 3 metros largo y 2.2 metros de alto, tiene 150 procesos diferentes de lavado de los cuales 3 son principales; realizando lavadas aproximadamente 15 veces al día y cada lavada dura un máximo de 80 minutos con descanso entre lavadas y supervisión.

Por el cual, este tipo de lavadoras no utiliza ningún tipo de control, son operadas de forma manual tanto el caudal, temperatura y químicos que se ingresa para los diferentes tipos de lavado de jean; limitando de esta manera la estabilidad, velocidad de respuesta y precisión de la máquina que dependerá del operario totalmente, produciendo grandes pérdidas económicas en tiempo, insumos y personal. Además, pone en riesgo al operario si se produce algún fallo en cualquier proceso que se esté generando al no contar con seguridad industrial y un sistema controlado.

### 1.2 Justificación

Los procesos de lavado de jean sin ningún tipo de control repercuten en pérdidas de tiempo, insumos para la fábrica y principalmente riesgo de salud en los operarios. Esto se debe que cualquier proceso de lavado requiere de por lo menos un operario pendiente para el control de agua, vapor, químicos y manejo de los tiempos de lavado.

Para mejorar estos inconvenientes en la fábrica se propone la aplicación de un control en la lavadora de jeans con el fin de mejorar de forma esencial un ahorro económico, renovar cada uno de los procesos al que es aplicado la lavadora obteniendo un lavado más preciso disminuyendo pérdidas tanto en agua, químicos utilizados y tiempo de lavado además de proveer un sistema de seguridad para la máquina y el operario. Así mismo con el estudio desarrollado se busca el medio más factible, económico con tecnología de primera para su posible implementación y regenerar los procesos de lavado en la fábrica.

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Realizar un estudio de factibilidad para la automatización de una lavadora frontal de jean utilizando simulación para la determinación de la viabilidad en la fábrica BULL'S XTREME.

#### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar la máquina lavadora frontal de jean existente para la determinación de las variables de proceso.
- Diseñar la automatización de la lavadora de jean tomando en cuenta las variables de entrada y salida determinadas para la obtención de un control óptimo del proceso.
- Verificar la automatización diseñada utilizando un software especializado para la obtención de índices de productividad.
- Realizar el análisis costo-beneficio del proyecto para su posible implementación en la fábrica BULL'S XTREME.

### **1.4 Metodología**

En el estudio de factibilidad de la lavadora de Jean se realiza cuatro tipos de métodos: método de observación para describir y explicar el comportamiento de la lavadora de jeans y obtener las variables del proceso para realizar su respectivo control; método deductivo para el diseño de control de la lavadora manual con los datos generales para obtener datos específicos de los 3 procesos principales; método lógico deductivo para determinar la factibilidad del sistema a partir de un software mediante el control deliberado de las variables para delimitar relaciones entre ellas y método de análisis para determinar el costo-beneficio de la implementación del proyecto.



## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Proceso de lavado textil del Jean

La aplicación de un proceso de lavado de jeans es variable, aplicando porcentajes de productos, por ejemplo, tintes, ácidos, enzimas y otros formulados y mejorados empíricamente a través de los años, para así poder llegar a resultados innovadores. Los procesos industriales de lavados de textiles se sigue una serie de etapas, se considera dos tipos de procesos fundamentales, proceso simple y proceso dobles. Cada proceso tiene sus respectivas etapas, se denomina procesos simples a aquellos que no requieren volver a ser procesados una vez finalice este, y se da el denominativo de proceso doble a aquellos que si requieren un proceso adicional al finalizar. (Chinche Apaza, 2013)

Figura 2.1 Gama de colores de jean



Tipo de colores de tinturado de pantalones jean's, Fuente: (Ortiz, 2018)

##### 2.1.1 Lavados industriales

Cada proceso de lavado que es expuesto el jean depende de la calidad de la tela, el terminado deseado y la lavandería, con el objetivo de obtener un excelente acabado en el jean. Existen varios procesos de lavado, los principales son: fijado, desengome, stones, bleach, dirty, tinturado. (Paulis, 2017)

Figura 2.2 Clasificación de lavado de jean's

Fijado	Desengome	Desengome oxidativo
		
Stone	Bleach	Dirty
		

Diferentes procesos de lavado de jean's, Fuente: (Paulis, 2017)

## 2.2 Sistemas Automáticos

Un sistema automático es un conjunto de componentes físicos conectados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, sin intervención de agentes exteriores; con el objetivo de mejorar la productividad y eficiencia, optimizar la planificación y el control, mejorar las condiciones de trabajo del personal y sobre todo realizar operaciones difíciles de controlar de forma manual o intelectual. (Martinez Hernandez, 2017)

Figura 2.3 Esquema de sistemas automáticos

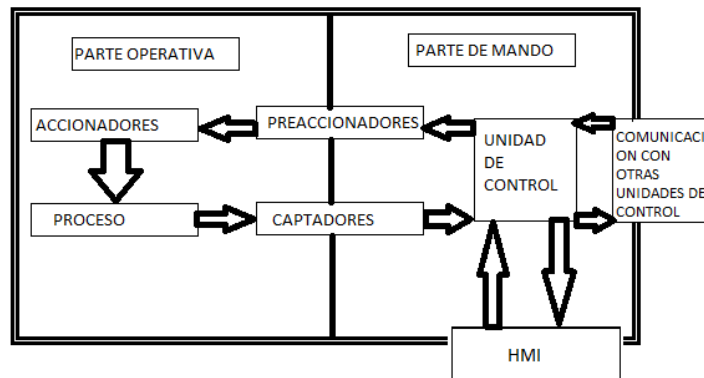


Diagrama de la parte de mando y parte operativa de sistemas automatizados, Fuente: (Piedrafina Moreno, 2004)

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los actuadores que hacen que la máquina se mueva y realice la función establecida. Por otro lado, la parte de mando por lo general es un autómata programable que es capaz de comunicarse con todos los contribuyentes del sistema automatizado. (Piedrafina Moreno, 2004)

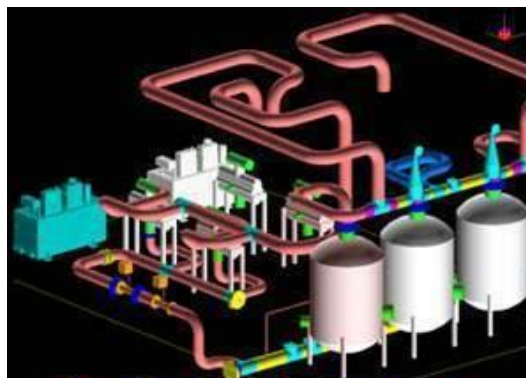
### **2.3 Control automático de procesos industriales**

El control automático de procesos industriales es hoy en día una actividad multidisciplinar, en la que hay que tener en cuenta aspectos técnicos, científicos y económicos para mejorar los márgenes comerciales sin perder calidad y complejidad; es decir, se define el control automático de procesos como la elaboración o captación de un proceso industrial a través de varias etapas, con el uso libre de los equipos necesarios para ahorrar tiempo manual y esfuerzo mental. (Seguel)

### **2.4 Simulación de procesos industriales**

La simulación de procesos industriales permite diseñar y analizar sistemas complejos, con el fin de conocer el comportamiento de un sistema en diferentes circunstancias y analizar los posibles cambios y sus consecuencias antes de llevarlos a cabo. La simulación de puestos de trabajo permite realizar un análisis detallado de cualquier puesto de trabajo, optimizar parámetros como distancias y ubicación de los recursos y validarlo desde el punto de vista de la ergonomía. (Prodintec, s.f.)

Figura 2.4 Simulación de un proceso industrial



Ejemplo de simulación de un proceso industrial, Fuente: (Martínez & P, 2011)

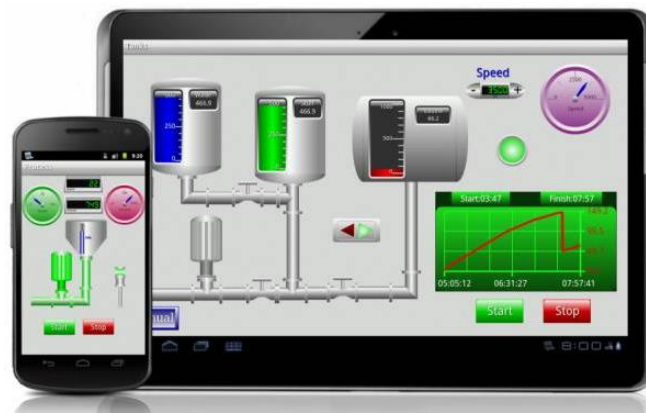
Es fundamental tener el conocimiento que existe una gran variedad de simuladores para procesos industriales con el fin de mejorar e incrementar la eficiencia de la industria. A continuación, se enlista algunos ejemplos de software de simulación:

### 2.4.2 TeslaScada 2.0

TeslaSCADA es un entorno de desarrollo integrado que se utiliza para configurar, desarrollar y gestión de aplicaciones HMI / SCADA.

Es un conjunto de aplicaciones y servicios multiplataforma nativos para desarrollar interfaces hombre-máquina para el monitoreo en tiempo real de sistemas y procesos industriales basados en PLC. Los productos TeslaSCADA permiten que el control de los procesos automatizados se extienda a cualquier dispositivo como PC, teléfono inteligente, tableta o incluso reloj inteligente. (TeslaScada, 2011)

Figura 2.5 Sistema HMI/SCADA



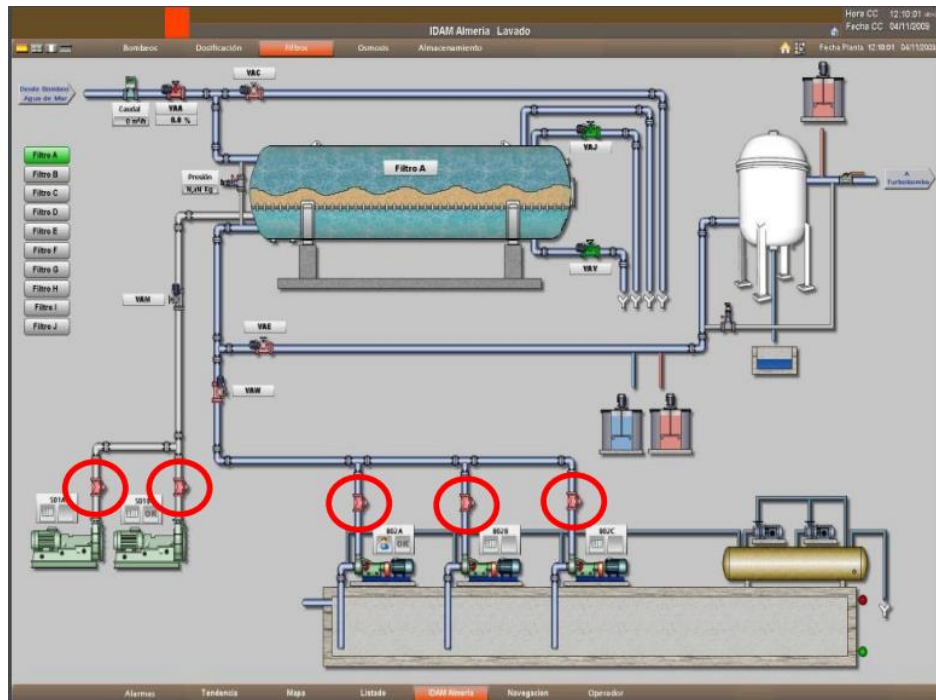
Prototipo de simulación de sistemas industriales en el software TeslaScada, Fuente: (TeslaScada, 2011)

### 2.4.3 Archestra

Archestra es la Plataforma Software basada en .NET de Microsoft, desarrollada por Wonderware para facilitar e impulsar la Integración de Dispositivos y Sistemas a distintos niveles.

Wonderware InTouch considerado una interfaz HMI enfocado para procesos industriales con una gran calidad de gráficos, facilitando el uso y visualización del sistema, además se puede incluir usuarios móviles al sistema de procesos industriales. (Wonderware, 2019)

Figura 2.6 Entorno gráfico de Archestra

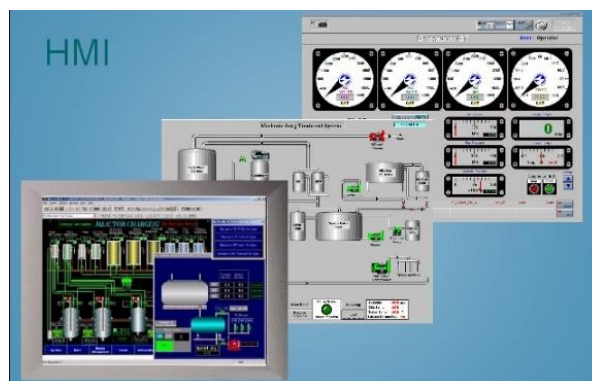


Prototipo de simulación de sistemas industriales en el software TeslaScada, Fuente: (Ferrandi)

## 2.5 Interfaz HMI

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Máquina. Los sistemas HMI se considera como una ventana de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Las funciones de un Software HMI son: monitoreo, supervision, alarmas, control y historicos. (Hernandez Martinez)

Figura 2.7 Interfaz HMI



Ejemplo de una interfaz HMI, Fuente: (Turmero, s.f.)

## **2.6 Analisis Costo-Beneficio**

Un análisis costo-beneficio es un conjunto de procedimientos analíticos que permiten evaluar y ofrecer alternativas diferentes para tomar la mejor decisión y tratar un problema. (Gilma Arroyave , 2013)

El análisis costo – beneficio mide la relación que existe entre el costo y los beneficios que genera la inversión de un proyecto, con el objetivo de evaluar la rentabilidad que puede generar a corto o futuro plazo. Conocida también como índice neto de rentabilidad, su relación se establece en la siguiente Ecuación 2.1; considerando que VAI es el valor actual de ingresos y VAC es el valor actual de costos de inversión.

$$\frac{B}{C} = \frac{VAI}{VAC} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Cuando se genera la relación de análisis costo – beneficio de un proyecto se establece que un proyecto es rentable para la empresa cuando la relación es mayor que 1, dando apertura a su futura implementación. (Arturo, 2012)

## **2.7 Aplicaciones similares industriales**

El estudio de factibilidad permite a una propuesta de proyecto a generar y efectuar decisiones de aceptar o no el proyecto asumiendo la responsabilidad de inversión del mismo. Es por ello que se hace un análisis del valor actual neto, la tasa interna de retorno, la eficiencia de productividad, con el fin de crecimiento de la empresa. (Delgado Victore & Vérez García, 2015)

Para llevar a cabo el estudio de factibilidad para la automatización de una lavadora frontal de jean se toma en consideración las siguientes aplicaciones en procesos industriales desarrollados.

### **2.7.1 Aplicación 1**

El estudio de factibilidad de un sistema automatizado en una máquina lavadora de piezas mecánicas, para disminuir el tiempo de manufactura en el taller mecánico Ecuador ubicado en el cantón Salcedo en el 2011, realizado por el Ing. Manuel Mauricio Coque Mora. Establece que la principal problemática es la máquina que posee el taller mecánico, no abastece la producción en mantenimiento y reparación de motores a gasolina, lo que ha generado retrasos en la producción. (Mora, 2011)

Se realizó un estudio general de la máquina Hidro lavadora para la implementación de lavado de accesorios de motor automatizados como se observa en la figura 2.6, se realizó el diseño mediante un PLC RENU FP4030MR-L1208R, con un software de programación FLEXISOFT para la respectiva simulación.

Figura 2.8 Estado de la Máquina Hidro lavadora



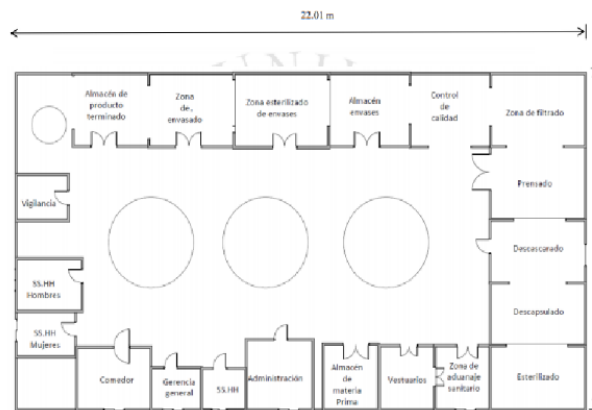
Aplicación de estudio de factibilidad en una hidro lavadora, Fuente: (Mora, 2011)

### **2.7.2 Aplicación 2**

El estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta productora de mango en almíbar para el mercado de Lima – Perú en 2016, investigado por Gabby Alexandra Cárdenas Palomino y José Enrique Ortiz Caja, establecen que la principal problemática es que el producto contará con un envase de polipropileno y serán fabricadas en presentaciones para consumo personal. (Arizaga Romero & Contreras Rodriguez, 2016)

El proyecto es factible técnicamente ya que existe la maquinaria necesaria para realizar la producción las cuales son banda de transporte, lavadora por inmersión, máquina de envasado, llenado y sellado, etiquetadora, marmita basculante, secadora de envases, máquina encajadora; la cual la mayoría de las maquinarias utilizan un PLC – Omron con un software de programación CX-One, de la misma manera hay maquinaria que utiliza PLC – Siemens con el software Simatic para su respectiva simulación.

Figura 2.9 Esquema general de la planta productora de mango



Aplicación de estudio de factibilidad en una planta productora de mango en almíbar, Fuente: (Arizaga Romero & Contreras Rodriguez, 2016)

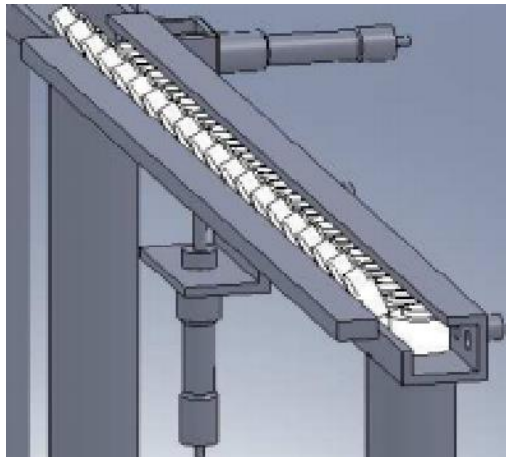
### 2.7.3 Aplicación 3

Estudio de factibilidad para la automatización de una máquina industrial cerradora de tapas en México desarrollado en el 2009, por Pacheco Sánchez Oscar Emmanuel. En este proyecto se establece el uso de un PLC Siemens S7-200 con el software respectivo Simatic para la automatización del proceso de cierre de tapas.

El proceso se genera desde que las tapas salen del molde, caen a una banda transportadora y las deposita en una tina vibradora, mediante la expulsión de aire empuja las tapas transportándolas hacia el riel de la máquina cerradora; luego al detectar la primera tapa sigue el proceso de agrupamiento en donde se activa una electroválvula impidiendo el paso de las tapas hasta que se forme un lote de 15 tapas. El sensor al detectar que el lote se encuentra completo activa otra electroválvula para que levante los capuchones de las tapas semicerradas, cuando esta etapa finaliza por completo se activa otra electroválvula cerrando por completo los capuchones de las tapas y finalmente salen del riel. (Pacheco Sánchez, 2009)



Figura 2.10 Máquina cerradora de tapa



Aplicación de estudio de factibilidad en una máquina cerradora de tapa, Fuente: (Pacheco Sánchez, 2009)

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO

#### 3.1 Caracterización del proceso

Este capítulo detalla a fondo el proceso de lavado de jeans, específicamente se considera tres lavados: Stone, Stone tinturado y tinturados; estos procesos son los más efectuados en la fábrica considerando la necesidad del cliente, visión del mercado e ingresos.

##### 3.1.1 Descripción general de la lavadora industrial de jeans

La lavadora industrial de jeans está comprendida principalmente por una canasta de forma cilíndrica, a su vez el movimiento de la canasta es generado por un motor con su respectiva caja reductora unidos de forma mecánica al eje del tambor, con el objetivo de generar movimiento a la canasta en el cual se mezcla agua y químicos a los que son expuesto los jeans dependiendo su respectivo procedimiento y necesidad del cliente. El actuador de la lavadora está controlado por un driver del tipo variador de frecuencia de 7,5 HP de fabricación coreana de la compañía LS. La lavadora consta de 2 entradas con válvulas de activación manual, 1 de agua y 1 de vapor; y una válvula neumática 3/2 para el drenaje del agua en la lavadora. En el anexo 1 se detalla las vistas de la lavadora frontal de la fábrica.

Figura 3.1 Vista Frontal de la lavadora de Jean's






Fotografía frontal de la lavadora de jean's de la empresa Bull's Xtreme, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.1.2 Descripción independiente de los componentes


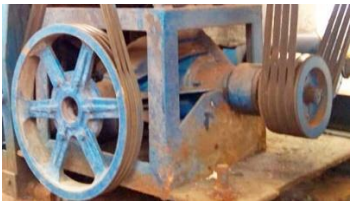


En la Tabla 3.1 se muestra el detalle de los componentes que interviene en la lavadora frontal con sus respectivas características y desempeño que realiza la máquina.

Tabla 3.1. Descripción de los componentes de la lavadora frontal

MECANISMO	CARACTERÍSTICAS	DESEMPEÑO
<p>PLC Schneider Electric (Zelio)</p>  <p>Fuente: (Schneider Electric, 2018)</p>	<p>Marca: Schneider Electric. Software de programación Zelio soft 2. Lenguaje de programación Ladder o FBD. Tensión alimentación 100-240V Frecuencia 50/60 Hz. Pantalla LCD 4x18 caracteres. 26 entradas y salidas. 16 entradas discretas. 10 salidas tipo relé. Grado de protección IP20 para el bloque de terminales y IP40 para el panel frontal.</p>	<p>Controla el cambio de giro del motor, marcha paro, encendido general de la lavadora</p>
<p>Módulo de entradas y salidas</p>  <p>Fuente: (Schneider Electric, 2018)</p>	<p>Marca: Schneider Electric. Tensión alimentación 100-240V Frecuencia 50/60 Hz. 6 entradas y 4 salidas tipo relé.</p>	<p>Permite expandir la cantidad de actuadores y sensores que se tienen presente en el proceso</p>
<p>Motor trifásico 220V</p>  <p>Fuente: (WEG)</p>	<p>Marca: Weg Motor trifásico a 220 V. Potencia del motor: 7,5 HP. Corriente nominal: 25-26 A. Velocidad: 1700 rpm. 4 polos.</p>	<p>Produce una fuerza rotatoria acoplado a una caja reductora para generar movimiento al eje del tambor a una velocidad de la canasta de 30 rpm.</p>

Tipo de mecanismo, características, desempeño de los componentes de la lavadora frontal, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Continuación Tabla 3.1. Descripción de los componentes de la lavadora frontal

MECANISMO	CARACTERÍSTICAS	DESEMPEÑO
<p>Variador de Frecuencia LS</p> 	<p>Marca: LS                      Potencia del motor 10HP                      Potencia aparente de salida:                      12.2 kVA.                      Corriente de salida: 32 A.                      Tensión de salida: Trifásico                      200-230 V.                      Frecuencia salida:                      0,1- 400 Hz.                      Tensión de entrada: Trifásico                      380 – 480 V (+10%, -15%).                      Frecuencia de entrada:                      50 – 60 Hz (± 5%).                      Capacidad de sobrecarga 150%                      durante 1 min.                      Grado de protección IP20.</p>	<p>Su funcionalidad esta netamente proyectado al arranque de motor para la puesta en marcha de la canasta de la lavadora.</p>
<p>Caja reductora</p> 	<p>Relación de reducción: 4:1.                      Par: 12,64 [kg m]</p>	<p>Reduce la velocidad de entrada q genera el motor de 1700 rpm a 30 rpm de trabajo de la canasta.</p>
<p>Canasta de la lavadora</p> 	<p>Velocidad: 30 rpm.                      Consta de 4 ejes separados 45°.                      Capacidad: 40Kg.                      Cantidad de jeans aproximado:                      70 - 80 pantalones</p>	<p>La funcionalidad de la canasta es mezclar de forma equitativa el agua y los químicos respectivos a cada proceso de jean.</p>
<p>Protección</p> 	<p>Breaker 3F                      Marca: STECK                      Corriente: 32 A                      Voltaje: 400 VAC                      Frecuencia: 50 – 60 Hz</p>	<p>Provee de protección al PLC, variador de frecuencia.</p>

Tipo de mecanismo, características, desempeño de los componentes de la lavadora frontal, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Continuación Tabla 3.1. Descripción de los componentes de la lavadora frontal

MECANISMO	CARACTERÍSTICAS	DESEMPEÑO
<p>Válvula Neumática 3/2</p>  <p>Fuente: (AIRTEC, 2019) (AIRTEC, 2019)</p>	<p>Tipo: de cajón Modo de funcionamiento: neumático Orificios / posiciones: de 3/2 vías, de 5/2 vías Otras características: con muelle antagonista Presión: Máx.: 12 bar (174 psi) Mín.: 0 bar (0 psi)</p>	<p>Activación del cilindro de doble efecto para la apertura y cierra del mismo con el objetivo de la evacuación de líquido que se encuentra en la canasta de la lavadora.</p>
<p>Cilindro neumático doble efecto</p>  <p>Fuente: (A.r.t.)</p>	<p>Fluido: Aire comprimido filtrado, lubricado o no lubricado. Presión de Trabajo: 1 a 10 Bar Temperatura de Trabajo: -20°C a 80°C Kit de Alta Temperatura: Hasta 150°C Amortiguación: Neumática, Regulable.</p>	<p>Contener o expulsar líquido que se encuentra en la canasta de la lavadora.</p>

Tipo de mecanismo, características, desempeño de los componentes de la lavadora frontal, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.2 Secuencia de operación de la máquina

En la secuencia de operación de la máquina se detalla tres procesos ya antes mencionados, los cuales son:

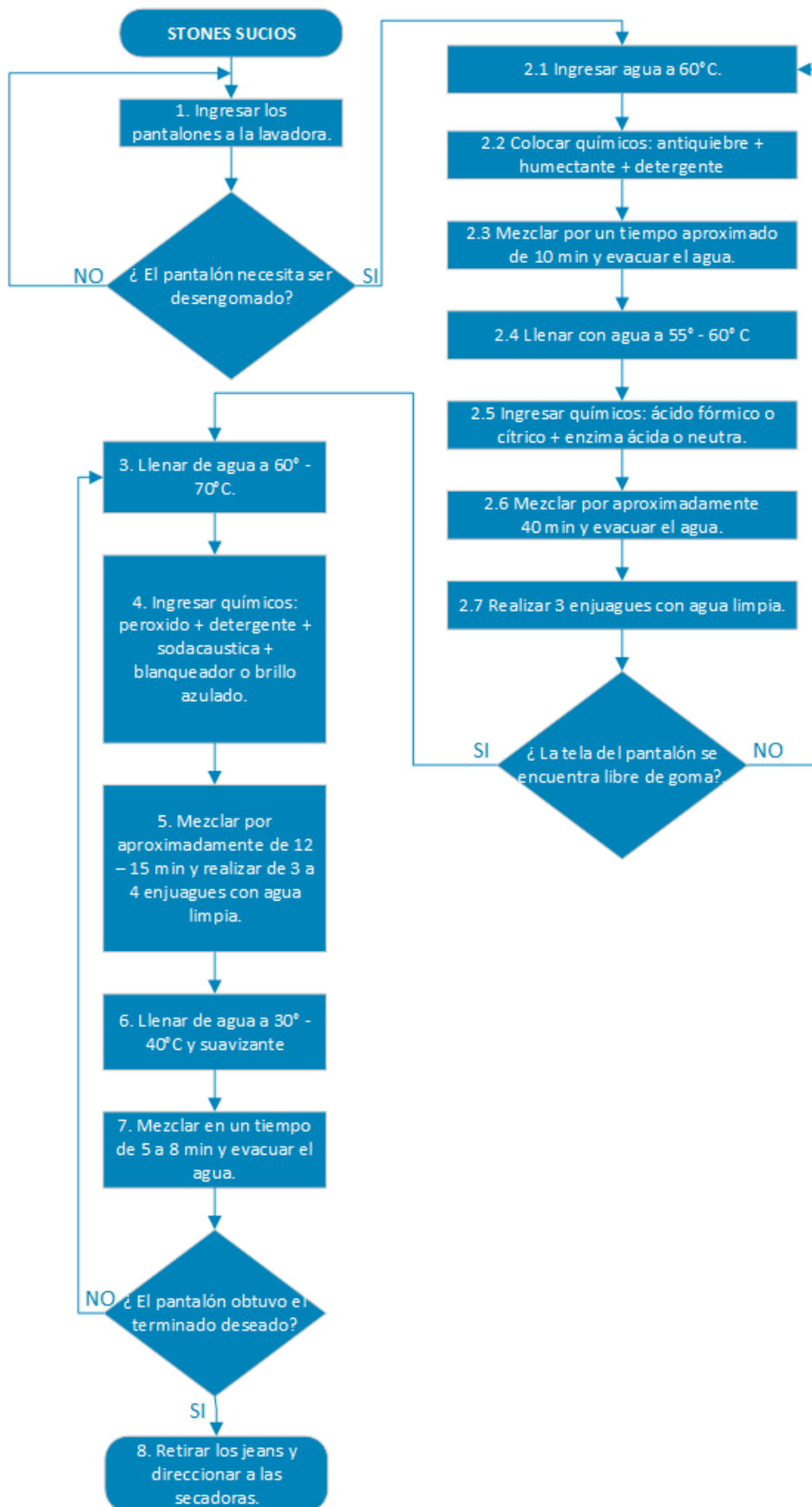
1. Stones sucios
2. Stones tinturados
3. Tinturados

Se debe considerar que la fábrica realiza cualquier proceso con la máquina siempre encendida.

#### 3.2.1 Proceso Stones sucios

En la Figura 3.2 se describe de forma detallada el proceso de stones que es un proceso de manufactura textil que se caracteriza por resaltar las costuras, desgastar los bordes y degradar el tono dando como resultado un aspecto de envejecimiento a la tela jean.

Figura 3.2 Diagrama de flujo del proceso lavado de stones sucios

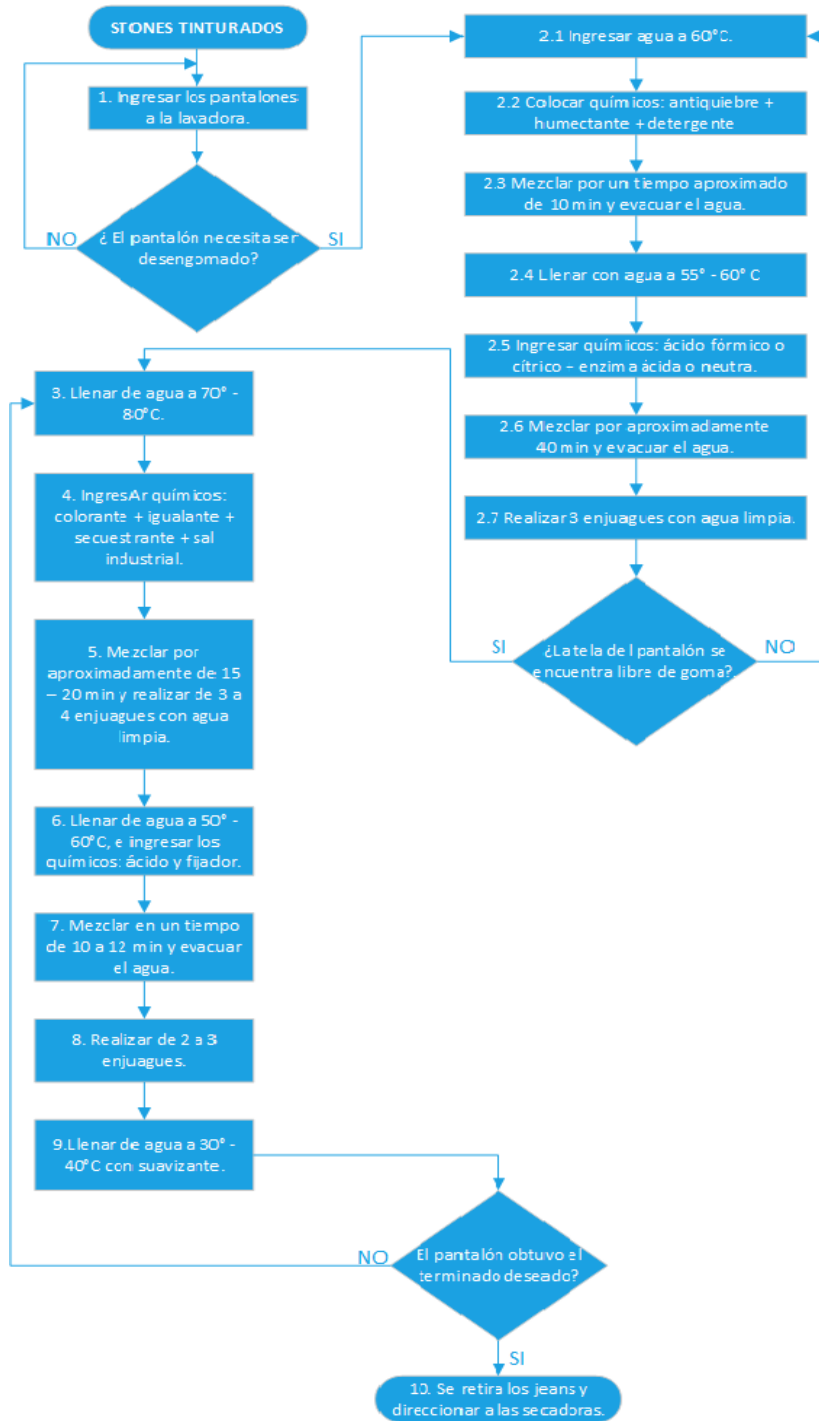


Esquema del proceso de lavado de stone, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.2.2 Proceso de lavado de stones tinturados

En la Figura 3.3 se describe mediante un diagrama de flujo la secuencia del tipo de lavado de stones tinturados, este proceso no solo da un aspecto de envejecimiento sino también da cualquier tipo de color según el colorante que se aplique al jean.

Figura 3.3 Diagrama de flujo del proceso de stones tinturados

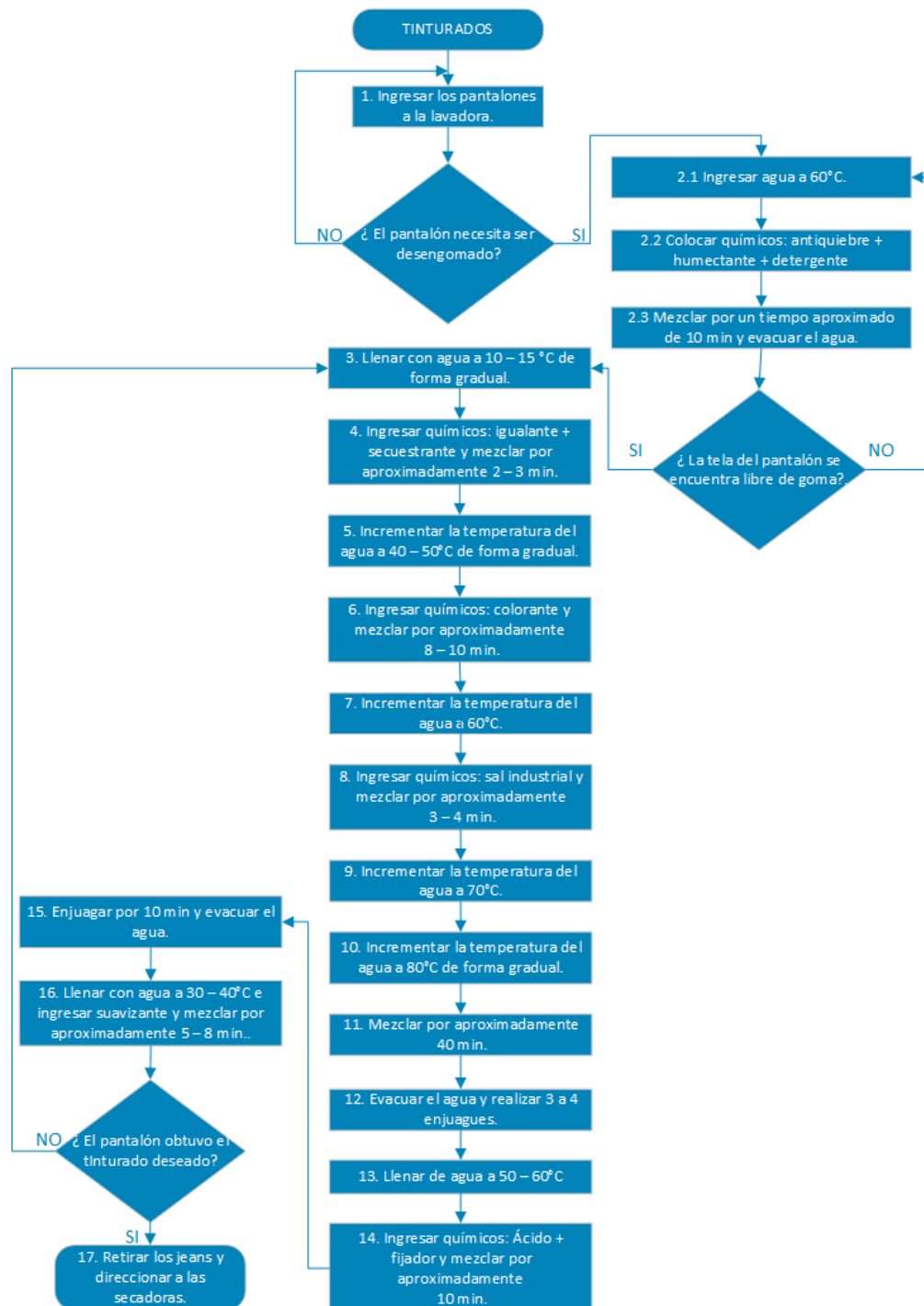


Esquema del proceso de lavado de Stone - tinturado, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.2.3 Proceso de lavado tinturado

En la Figura 3.4 se describe mediante un diagrama de flujo la secuencia del tipo de lavado tinturados, las prendas de este tipo de procesos se someten a teñido en húmedo de forma gradual hasta obtener el color deseado.

Figura 3.4. Diagrama de flujo del proceso de tinturados



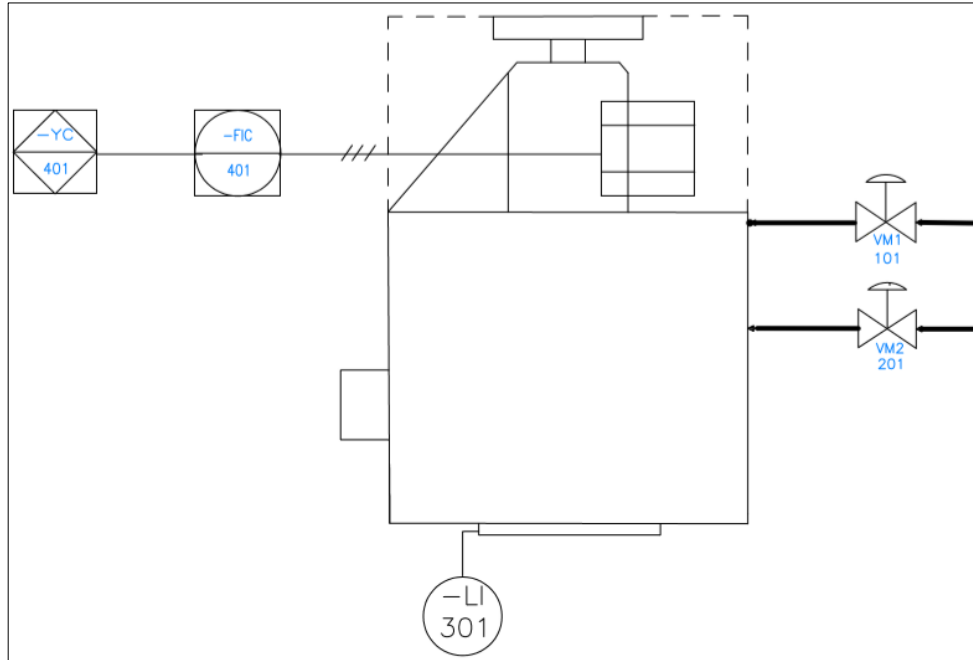
Esquema del proceso de lavado de tinturado, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina



### 3.3 Plano de instrumentación de la lavadora frontal

En la Figura 3.5 se puede visualizar el diagrama P&ID inicial de la lavadora frontal y en la Tabla 3.2 se describe el significado de cada elemento.

Figura 3.5 Diagrama P&ID



Esquema P&ID inicial de la lavadora frontal de la empresa Bull's Xtreme, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.2 Descripción de cada componente

SIGLAS	SIGNIFICADO
VM1	Válvula manual lazo 1
VM2	Válvula manual lazo 2
FC	Variador de frecuencia
YC	PLC
LI	Indicador de nivel

Tabla descriptiva de las siglas que interviene en el diagrama P&ID, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

En el Anexo 3 se muestra el diagrama de potencia inicial de la lavadora frontal.

### 3.4 Propuesta de sistemas de automatización

A continuación, se genera tres propuestas de solución mediante ingeniería concurrente considerando la: “Perspectiva de la ingeniería concurrente que, más allá

de buscar la conformidad de un producto o servicio con las especificaciones previstas, incide en el mismo diseño para hacerlo más apto para la calidad (eliminación o simplificación de controles, diseño robusto). El concepto más reciente de calidad se refiere tanto al grado de satisfacción que el producto o servicio proporciona a las expectativas del usuario como a la rentabilización general de los recursos y a la eliminación de las pérdidas.” (Romeva, 2002, pág. 15)

### **3.4.1 Propuesta 1**

Esta propuesta se enfoca en el diseño de un HMI, por el cual se establece un proceso de control automático adecuado de temperatura, nivel de agua, dosificación de químicos tanto sólidos como líquidos, control automático de las válvulas de entrada y salida, generando las respectivas alarmas, históricos y reportes de estado de la máquina. Para ello se debe seleccionar la cantidad de jeans a lavar, el tipo de proceso de lavado que se va a realizar en los jeans, para lo cual, se define tres procesos de lavado ya mencionados en la sección 3.2. A continuación, el siguiente parámetro debe establecer la cantidad y los tipos de químicos que se van agregar, la temporización de cada proceso de lavado.

Para esta propuesta se utiliza todos los equipos que tiene la fábrica a disposición que son: PLC, modulo I/O, variador de frecuencia, cilindro doble efecto, válvula neumática, motor trifásico. Considerando una ventaja que es un software libre y para el estudio de factibilidad se puede abaratar costos para su futura implementación.

### **3.4.2 Propuesta 2**

En esta propuesta se maneja los mismos parámetros de control a automatizar mediante el diseño de un HMI, los parámetros que constituyen esta propuesta son:

1. Nivel agua.
2. Control de temperatura.
3. Sistema de dosificación de químicos.
4. Control automático de sensores y actuadores.
5. Generación de alarmas, históricos y reportes.
6. Control de peso o cantidad de jeans.
7. Tipo de proceso.

Se propone utilizar otros equipos de controladores marca RENU, con el objetivo que los costos sean asequibles, y abaratar costos de inversión e incrementar la producción.

### 3.4.3 Propuesta 3

En esta propuesta se plantea realizar una automatización compleja, mediante el diseño de un sistema SCADA. Las funciones que interviene en esta propuesta son:

1. Control de peso o cantidad de jeans
2. Tipo de proceso
3. Nivel de agua
4. Control de temperatura
5. Sistema de dosificación de químicos
6. Control automático de sensores y actuadores
7. Control automático de calidad
8. Generación de alarmas, históricos y reportes

En esta propuesta se utiliza un sistema de cámaras que por medio de visión artificial determina la calidad del proceso sin necesidad de un operador; con el objetivo de evitar riesgos en la salud y de la misma manera incrementar la producción y calidad del jean.

### 3.5 Alternativas de soluciones

A continuación, en la Tabla 3.3 se analizan las opciones de solución de las propuestas establecidas. Así,

Tabla 3.3 Alternativa de soluciones

EQUIPO	OPCIONES DE SOLUCIONES		
	No.1	No.2	No.3
Controlador	PLC - Schneider Electric (Zelio logic)	PLC – RENU (FlexiPanels5043T-E)	PLC – SIEMENS (S7-1200)
Interfaz	HMI	HMI	SCADA
Sensor de temperatura	PT100	Termocupla	PT100
Sensor de nivel	Switch pointek CLS 100	Switch pointek CLS 100	SITRANS LU150 (transmisores de nivel continuo)
Dosificador de químicos	Dosificadores gravimétricos	Dosificadores volumétricos	Dosificadores por peso

Tabla de alternativas para la solución general mediante ingeniería concurrente, Elaborado por: Erika

Fernanda Guallichico Molina

A continuación, en la Tabla 3.3 se genera el desglose de las ventajas y desventajas de cada equipo.

### 3.5.1 Controladores

En la Tabla 3.4 se presenta el análisis de las ventajas y desventajas de las tres soluciones de controladores.

Tabla 3.4 Ventajas y desventajas de cada solución

ITEM	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PLC - Schneider Electric	Disponibilidad en la fábrica. Sencillez y facilidad de programación directamente con una navegación contextual. Software de programación fácil de usar. Controla las aplicaciones de forma remota Analog o GSM.	Condiciones ambientales apropiadas. Diseñados para sistemas de automatización pequeños. Aptos para producción en baja escala. Carece de comunicación ethernet imposibilitando la integración varios HMI.
PLC – RENU (FlexiPanels5043T-E)	Incorporada pantalla HMI táctil. Lenguaje de programación fácil. Resistencia al impacto y vibración.	No posee bloques especiales en el software. Carece de interfaces dinámicas.
PLC – SIEMENS (S7-1200 CPU 1214)	Web Server y Datalogging integrado. Compacto y modular.	No ofrece la simulación en su ambiente de desarrollo.

Tabla de ventajas y desventajas de las alternativas de controladores, Elaborado por: Erika Fernanda

Guallichico Molina

### 3.5.2 Interfaz

En la Tabla 3.5 se presenta el análisis de las ventajas y desventajas de dos tipos de interfaces.

Tabla 3.5 Ventajas y desventajas de las interfaces.

ITEM	VENTAJAS	DESVENTAJAS
HMI	Muestra todo el proceso en una sola pantalla. Algunas pantallas vienen incorporadas el PLC, formando un solo cuerpo. Puede ser montando en campo (junto a la maquina), tablero o pc más adecuado.	En caso de daños en la pantalla no habría control del proceso.
SCADA	Costo asequible. Buena interfaz usuario-planta. Potente interfaz gráfica. Almacenar gran cantidad de datos.	Alto costo. Tiempo real Complejidad. Fallos independientes. Baja protección ambiental y robustez.

Tabla de ventajas y desventajas de interfaces, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.5.3 Sensor de nivel

En la Tabla 3.6 se presenta el análisis de las ventajas y desventajas de dos tipos de sensores de nivel.

Tabla 3.6 Ventajas y desventajas de sensores de nivel

ITEM	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Interruptor de nivel CLS100	Detección del nivel en instalaciones con poco espacio, en interfaces, granulados, líquidos, lodos y espuma. Puntos de conmutación precisos y reproducibles. Resistente a productos químicos. Funcionamiento seguro en entornos de vibraciones Fácil instalación. Escaso mantenimiento.	Vulnerabilidad a interferencias.
Transmisor de nivel ultrasónico UL150	Medición continua. Fácil instalación. Supresión automática de falsos ecos. Exactitud.	Costo elevado. Debe ser programado a menudo.

Tabla de ventajas y desventajas de las alternativas de sensores de nivel, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.5.4 Sensor de temperatura

En la Tabla 3.7 se presenta el análisis de las ventajas y desventajas de tres tipos de sensores de temperatura.

Tabla 3.7 Ventajas y desventajas de sensores de temperaturas.

ITEM	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PT100	No entrega lecturas erróneas. Alta precisión. Mejor linealidad. Mejor estabilidad.	No es posible conectar unidades lectoras a un mismo PT100. No se debe montar en lugares sometidos a mucha vibración. Costo elevado.
Termocupla	Poco costosos y confiables. Amplio rango de temperatura.	Su f.e.m de salida no es lineal. Su exactitud depende de la pureza de las aleaciones. Vulnerables a la corrosión.

Tabla de ventajas y desventajas de las alternativas de sensores de temperatura, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.5.5 Dosificador de químicos

Tabla 3.8 Ventajas y desventajas de dosificadores de químicos

ITEM	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Dosificadores gravímetros	Mayor precisión. Mejora la calidad de procesamiento. Pueden documentar el contenido de material en el producto final.	Dependiendo del producto que se va a pesar se debe elegir el modelo de dosificador para evitar inconvenientes.
Dosificadores Volumétricos	Controla el flujo mediante la descarga de un volumen consistente de material. Precio competitivo. La precisión de dosificación a largo plazo no es crítica.	Requiere de mantenimiento. No pueden detectar o ajustar variaciones en la densidad del material. Mayor eficiencia con productos a granel de densidad homogénea.
Dosificador por peso	Dosificador para productos heterogéneos. Menor porcentaje de error en el peso neto.	Calibración constante de la balanza. Requiere de mantenimiento en la tolva por residuos que afecte al cálculo del peso posterior.

Tabla de ventajas y desventajas de las alternativas de dosificadores, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.6 Generación de la solución

Para determinar la solución mediante el método de criterios ponderados se considera cuatro criterios principales del proceso:

1. Funcionalidad
2. Operación
3. Manufactura
4. Costo

Los criterios y la relación que existe entre ellos son:

Funcionalidad > Operación > Manufactura > Costo

A continuación, en la Tabla 3.9 se establece una evaluación del peso específico de cada criterio. Así:

Tabla 3.9 Evaluación del peso específico

Criterio	Funcionalidad	Operación	Manufactura	Costo	$\sum +1$	Ponderación
Funcionalidad	1	0	0	0	4	0,4
Operación	0	1	0	0	3	0,3
Manufactura	0	0	1	0	2	0,2
Costo	0	0	0	1	1	0,1
				Suma	10	1

Tabla de evaluación de peso específico, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.6.1 Análisis de la evaluación de la solución controladores

Tabla 3.10 Evaluación del peso específico Funcionalidad

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,1667
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,4166
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,4166
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de controladores, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.11 Evaluación del peso específico Operación

Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,3333
Alternativa 2	0		1	2	0,3333
Alternativa 3	0	1		2	0,3333
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de controladores, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.12 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura

Manufactura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,1667
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,4167
Alternativa 3	1	0,5		2,5	0,4167
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de controladores, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.13 Evaluación del peso específico del criterio Costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,4167
Alternativa 2	1		0	2	0,3333
Alternativa 3	0,5	0		1,5	0,25
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de controladores, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Al implementar el método de criterios ponderados con cada alternativa se concluye la siguiente Tabla 3.14 la mejor opción:

Tabla 3.14 Tabla de conclusión controladores

Conclusión	Funcionalidad	Operación	Manufactura	Costo	$\sum$	Prioridad
Alternativa 1	$0,166 \times 0,4$	$0,333 \times 0,3$	$0,166 \times 0,2$	$0,416 \times 0,1$	0,2411	3
Alternativa 2	$0,416 \times 0,4$	$0,333 \times 0,3$	$0,416 \times 0,2$	$0,25 \times 0,1$	0,3745	2
Alternativa 3	$0,416 \times 0,4$	$0,333 \times 0,3$	$0,416 \times 0,2$	$0,333 \times 0,1$	0,3828	1

Tabla de conclusión de la mejor alternativa de controladores, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.6.2 Análisis de la evaluación de la solución Interfaz

Tabla 3.15 Evaluación del peso específico Funcionalidad

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,4167
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,4167
Alternativa 3	0	0		1	0,1667
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de las interfaces, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.16 Evaluación del peso específico Operación

Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,3333
Alternativa 2	0		1	2	0,3333
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,3333
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de las interfaces, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.17 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura

Manufactura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,4167
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,4167
Alternativa 3	0	0		1	0,1667
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de las interfaces, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina



Tabla 3.18 Evaluación del peso específico del criterio Costo

Manufactura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,4167
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,4167
Alternativa 3	0	0		1	0,1667
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de las interfaces, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Al implementar el método de criterios ponderados con cada alternativa se concluye la siguiente Tabla 3.19 la mejor opción:

Tabla 3.19 Tabla de conclusión interfaz

Conclusión	Funcionalidad	Operación	Manufactura	Costo	$\sum$	Prioridad
Alternativa 1	$0,416 \times 0,4$	$0,333 \times 0,3$	$0,416 \times 0,2$	$0,333 \times 0,1$	0,3828	1
Alternativa 2	$0,416 \times 0,4$	$0,333 \times 0,3$	$0,416 \times 0,2$	$0,166 \times 0,1$	0,3661	2
Alternativa 3	$0,166 \times 0,4$	$0,333 \times 0,3$	$0,166 \times 0,2$	$0,5 \times 0,1$	0,2495	3

Tabla de conclusión de la mejor alternativa de las interfaces, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.6.3 Análisis de la evaluación de la solución Sensor de temperatura

Tabla 3.20 Evaluación del peso específico Funcionalidad

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,3333
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,3333
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,3333
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de sensores de temperatura, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.21 Evaluación del peso específico Operación

Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,4167
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,4167
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de sensores de temperatura, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.22 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura

Manufactura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,4167
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,4167
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de sensores de temperatura, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.23 Evaluación del peso específico del criterio Costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,4167
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,4167
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de sensores de temperatura, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Al implementar el método de criterios ponderados con cada alternativa se concluye la siguiente Tabla 3.24 la mejor opción:

Tabla 3.24 Tabla de conclusión sensores de temperatura

Conclusión	Funcionalidad	Operación	Manufactura	Costo	$\sum \square$	Prioridad
Alternativa 1	$0,333 \times 0,4$	$0,416 \times 0,3$	$0,416 \times 0,2$	$0,416 \times 0,1$	0,3911	1=2
Alternativa 2	$0,333 \times 0,4$	$0,166 \times 0,3$	$0,166 \times 0,2$	$0,166 \times 0,1$	0,2161	3
Alternativa 3	$0,333 \times 0,4$	$0,416 \times 0,3$	$0,416 \times 0,2$	$0,416 \times 0,1$	0,3911	2=1

Tabla de conclusión de la mejor alternativa de sensores de temperatura, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.6.4 Análisis de la evaluación de la solución Sensor de nivel

Tabla 3.25 Evaluación del peso específico Funcionalidad

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,4167
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,4167
Alternativa 3	0	0		1	0,1667
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de sensores de nivel, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.26 Evaluación del peso específico Operación

Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,25
Alternativa 2	0,5		0	1,5	0,25
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de sensores de nivel, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.27 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura

Manufactura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,4167
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,4167
Alternativa 3	0	0		1	0,1667
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de sensores de nivel, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.28 Evaluación del peso específico del criterio Costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,4167
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,4167
Alternativa 3	0	0		1	0,1667
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de sensores de nivel, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Al implementar el método de criterios ponderados con cada alternativa se concluye la siguiente Tabla 3.29 la mejor opción:

Tabla 3.29 Tabla de conclusión sensores de nivel

Conclusión	Funcionalidad	Operación	Manufactura	Costo	$\sum \square$	Prioridad
Alternativa 1	0,416×0,4	0,25×0,3	0,416×0,2	0,416×0,1	0,3662	1=2
Alternativa 2	0,416×0,4	0,25×0,3	0,416×0,2	0,416×0,1	0,3662	2=1
Alternativa 3	0,166×0,4	0,5×0,3	0,166×0,2	0,166×0,1	0,2662	3

Tabla de conclusión de la mejor alternativa de sensores de nivel, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.6.5 Análisis de la evaluación de la solución Dosificador de químicos

Tabla 3.30 Evaluación del peso específico Funcionalidad

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,3333
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,3333
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,3333
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de dosificadores de químicos, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.31 Evaluación del peso específico Operación

Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	0	1		2	0,3333
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de dosificadores de químicos, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.32 Evaluación del peso específico del criterio Manufactura

Manufactura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,3333
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,3333
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,3333
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de dosificadores de químicos, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.33 Evaluación del peso específico del criterio Costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,1667
Alternativa 3	0	1		2	0,3333
			Suma	6	1

Tabla de análisis de la solución de dosificadores de químicos, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Al implementar el método de criterios ponderados con cada alternativa se concluye la siguiente Tabla 3.34 la mejor opción:

Tabla 3.34 Tabla de conclusión dosificadores de químicos

Conclusión	Funcionalidad	Operación	Manufactura	Costo	$\sum$	Prioridad
Alternativa 1	$0,333 \times 0,4$	$0,5 \times 0,3$	$0,333 \times 0,2$	$0,5 \times 0,1$	0,3998	1
Alternativa 2	$0,333 \times 0,4$	$0,166 \times 0,3$	$0,333 \times 0,2$	$0,166 \times 0,1$	0,2662	2
Alternativa 3	$0,333 \times 0,4$	$0,333 \times 0,3$	$0,333 \times 0,2$	$0,333 \times 0,1$	0,333	3

Tabla de conclusión de la mejor alternativa de dosificadores de químicos, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.7 Solución general

La solución que se selecciona mediante el método efectuado en el ítem 3.6 son: controladores alternativa 1, interfaz alternativa 1, sensor de temperatura alternativa 1 o 3, sensor de nivel alternativa 1 o 2, dosificadores alternativa 1.

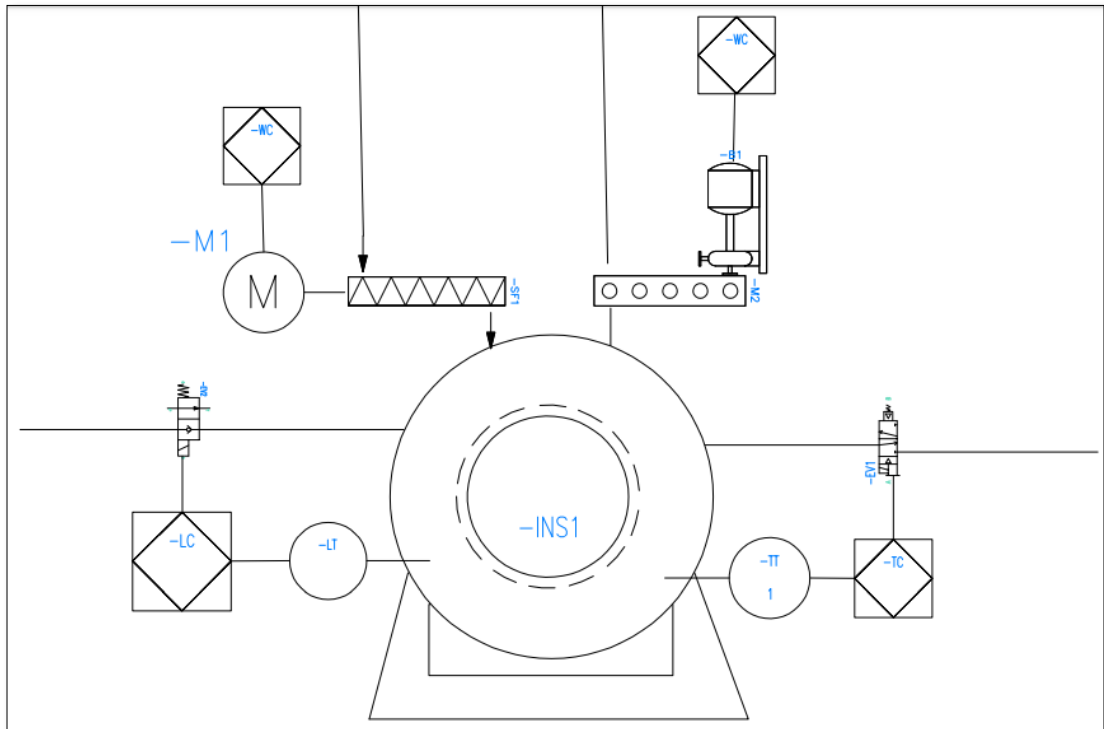
Para establecer la simulación del proyecto propuesto, la solución contiene:

1. Tipo de controlador: Siemens s7-1200 CPU-1214
2. Interfaz: HMI
3. Tipo de sensor de temperatura: PT100
4. Tipo de sensor de nivel: Switch pointek CLS 100
5. Tipo de dosificador: Gravimétrico

### 3.8 Plano de instrumentación de la lavadora frontal propuesto

En la Figura 3.6 se puede visualizar el diagrama P&ID inicial de la lavadora frontal y a continuación en la Tabla 3.35 se describe el significado de cada elemento que interviene en el diagrama de la Figura 3.6.

Figura 3.6 Diagrama P&ID propuesto de la lavadora frontal



Esquema P&ID final del proceso de automatización de la lavadora de la empresa Bull's Xtreme,  
Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.35 Descripción de siglas que intervienen en el diagrama P&ID

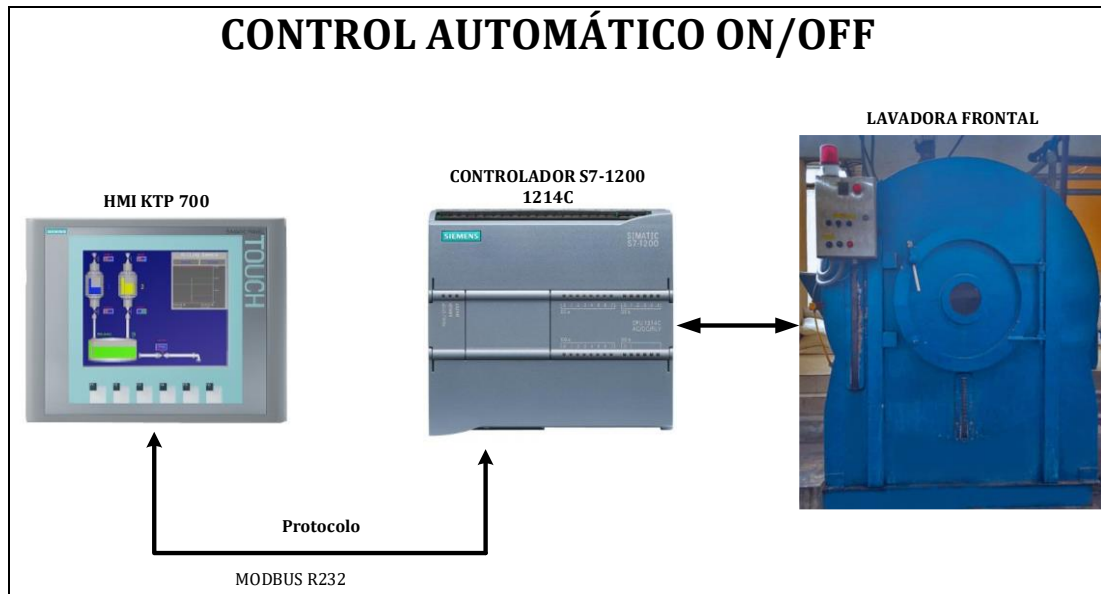
<b>SIGLAS</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
WC	Controlador de peso
M1	Motor para torinillo sin fin
M2	Motor de bomba
EV1	Electroválvula 1
EV2	Electroválvula 2
LC	Control de nivel
LT	Trasmisor de nivel
TT	Transmisor de temperatura
TC	Controlador de temperatura

Tabla descriptiva de las siglas que intervienen en el diagrama P&ID propuesto de la lavadora frontal,  
Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.9 Diseño del HMI

En la figura 3.7 se visualiza las conexiones físicas del PLC con los componentes del HMI. Así:

Figura 3.7 Diagrama de conexiones de compones hmi al plc



Esquema de control automático ON/OFF de la lavadora de la empresa Bull's Xtreme, Elaborado por:  
Erika Fernanda Guallichico Molina

Los procesos de Stone, Stone tinturado y Tinturado, son detallados mediante diagramas Grafcet para su respectiva implementación de la programación en el software de Tia Portal como se muestra en el Anexo 4.

### 3.10 Flujograma del HMI

En el diagrama del HMI se realiza un control automático on/off que abarca el control de sensores de nivel, activación de válvulas electroneumáticas y motores para la dosificación de químicos clasificados en sólidos y químicos.

En la Figura 3.8 se describe la simulación mediante diagrama de flujo. Así:

Figura 3.8 Diagrama de flujo de simulación HMI

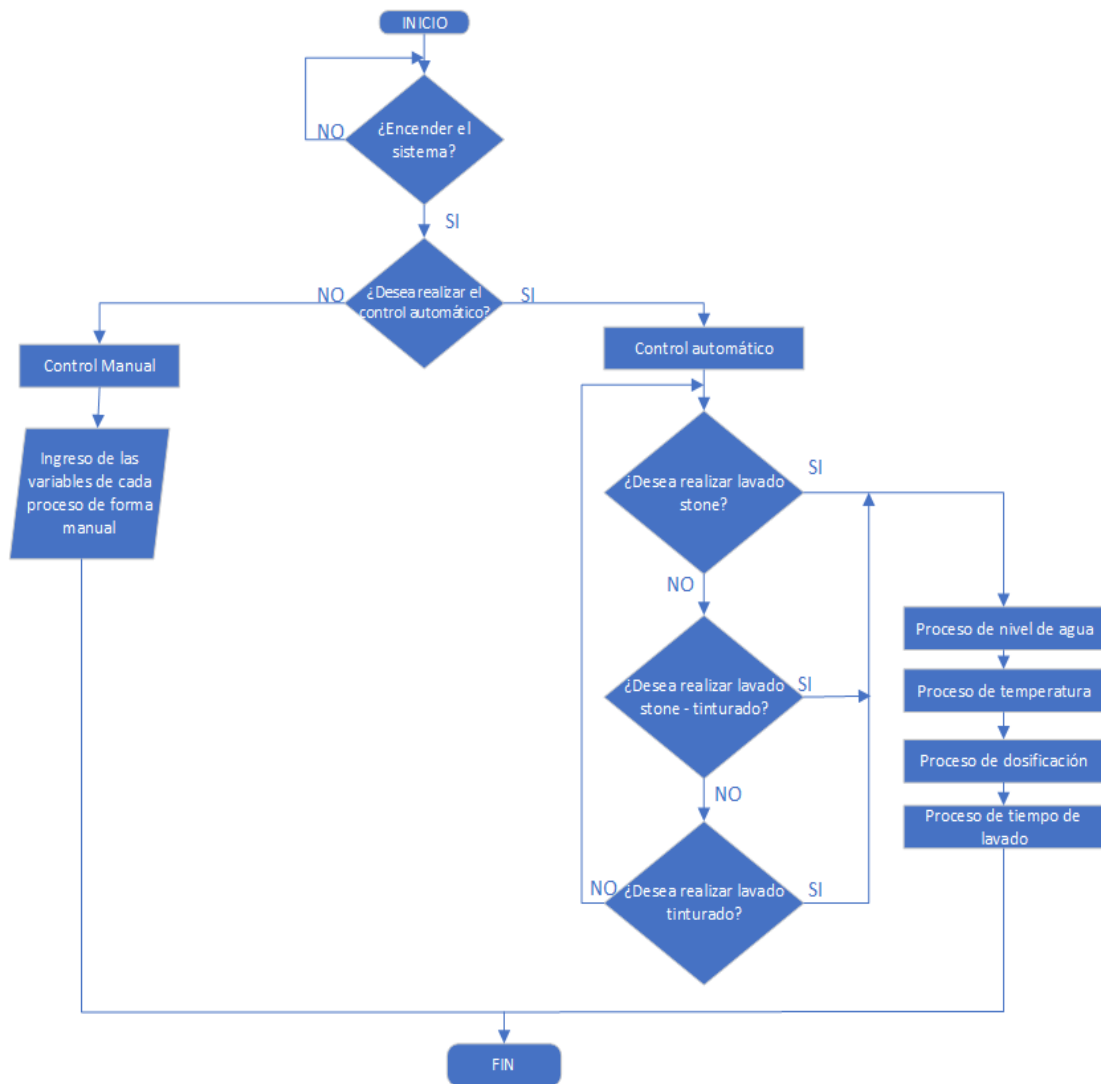


Diagrama de flujo del proceso de simulación de lavado en el HMI, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.11 Simulación

En la simulación del proyecto se realiza en el software WINCC de Siemens, consta de seis pantallas las cuales son:

1. Imagen Principal.
2. Imagen de configuración manual.
3. Imagen de configuración automática.
4. Imagen de gestión de procesos.
5. Imagen de información.
6. Imagen de proceso.



A continuación, se detalla cada una de las pantallas del HMI diseñadas en el proceso de simulación.

### 3.12 Pantalla principal

En la pantalla de inicio se realiza tres acciones las cuales consta de: activación y desactivación del sistema, tomando en cuenta que esta función no permite efectuar ningún proceso si no se encuentra activo; la segunda acción es el proceso manual que es donde se efectúa el ingreso de variables de forma manual para los casos de otros procesos no programados; y la tercera acción es el proceso automático, esta acción tiene programado los tres procesos de lavado con datos ya establecidos. A continuación, se muestra en la figura 3.9.

Figura 3.9 Pantalla principal de HMI



Esquema principal de la pantalla HMI del proceso de lavado de jean's, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.36 Detalle de los componentes del HMI principal

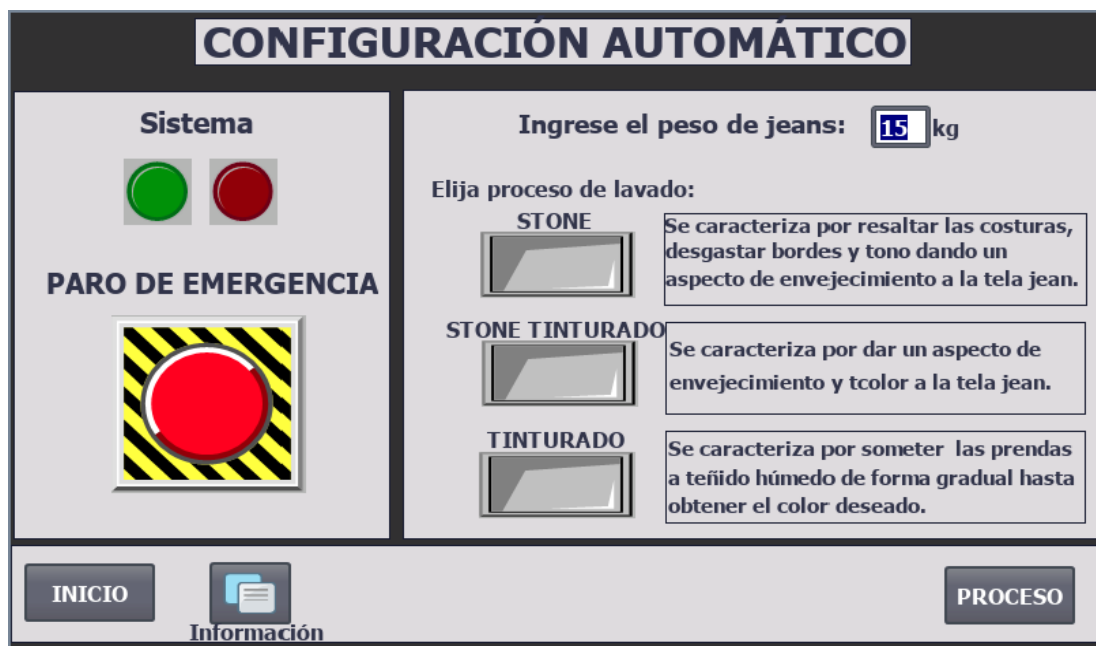
ITEM	DETALLE
Interruptor on-off	Activa y desactiva el sistema.
Automático	Ingresa a la pantalla de configuración automático.
Histórico	Direcciona a la pantalla de gestión de procesos.
Información	Direcciona a la pantalla de información.

Tabla descriptiva de los componentes en el HMI, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.13 Pantalla de configuración automático

En la pantalla de parámetros de control se ingresa los datos de peso y cantidad de jean, ya que la capacidad de la canasta es de 55 kg. Como segunda acción esta un menú de los tipos de procesos de lavado de jean el cual cada acción está definida su respectivo proceso que despliegan a otras pantallas de interfaces que muestra el funcionamiento. A continuación, se muestra en la figura 3.10.

Figura 3.10 Pantalla de parámetros de control del modo automático



Esquema de los parámetros de la pantalla de configuración automática del proceso de lavado,

Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.37 Detalle de los componentes del HMI configuración automático

ITEM	DETALLE
Indicador verde	Sistema encendido
Indicador rojo	Sistema apagado
Ingreso del peso del jean	Ingreso de datos de peso del jean
Información	Direcciona a la pantalla de información.
Stone	Activa el proceso stone
Stone_tinturado	Activa el proceso stone_tinturado
Tinturado	Activa el proceso de tinturado
Proceso	Direcciona a la pantalla de proceso auto.
Inicio	Direcciona a la pantalla principal

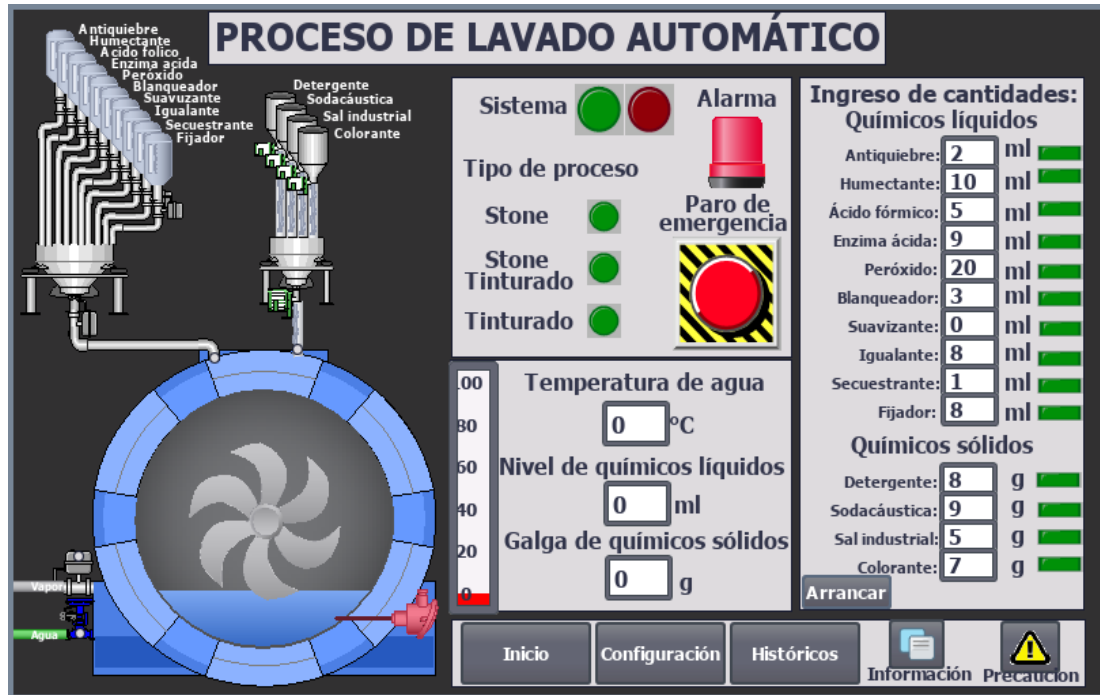
Tabla descriptiva de los componentes que intervienen en la pantalla de configuración automático,

Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.14 Pantalla del proceso de lavado stone, stone tinturado y tinturado

En estas pantallas se detalla gráficamente el proceso de cada uno de los lavados con la respectiva simulación de las variables como se muestra en la Figura 3.11.

Figura 3.11 Pantalla de procesos automático de lavado



Pantalla de simulación del proceso automático de lavado, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.38 Detalle de los componentes del HMI principal

ITEM	DETALLE
Indicador verde sistema	Activa y desactiva el sistema.
Indicador rojo sistema	Ingres a la pantalla de configuración automático.
Histórico	Direcciona a la pantalla de gestión de procesos.
Información	Direcciona a la pantalla de información.
Paro de emergencia	Detiene todo el sistema
Indicador verde Stone	Activación del proceso stone
Indicador stone tinturado	Activación del proceso stone tinturado
Indicador tinturado	Activación proceso tinturado
Indicador alarma	Activación de alarma de error en el sistema
Temperatura de agua	Simulación de sensor análogo
Nivel de químicos líquidos	Simulación de sensor de nivel de líquidos
Ingreso de cantidad de químicos	Ingreso de datos de los químicos
Precaución	Aviso de problemas

Tabla descriptiva de la pantalla de cada componente que interviene, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.15 Pantalla de configuración manual

En la Figura 3.12 se visualiza el control completamente manual del sistema, activación y desactivación de entradas y salidas.

Figura 3.12 Pantalla de configuración manual



Pantalla de configuración manual del HMI del proceso de lavado, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.39 Detalle de los componentes del HMI principal

ITEM	DETALLE
Indicador verde	Activa y desactiva el sistema.
Indicador rojo	Ingresa a la pantalla de configuración automático.
Histórico	Direcciona a la pantalla de gestión de procesos.
Información	Direcciona a la pantalla de información.
Paro de emergencia	Detiene todo el sistema
inicio	Direcciona a la pantalla principal
precaución	Informa avisos
Información	Detalla los datos de todo el sistema
Pulsador de químicos	Simula la activación de químicos
Pulsador motor	Simula la activación del motor de eje
Válvula de agua	Activa la válvula de agua
Válvula de vapor	Activa la válvula de vapor
Peso de sólidos	Simula el peso de los sólidos
Peso de líquidos	Simula el peso de líquidos.

Tabla descriptiva de los componentes que intervienen en la pantalla de configuración manual del HMI del proceso, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

### 3.16 Pantalla de gestión de procesos

Pantalla de gestión de procesos en donde se gestiona la cantidad de jeans a lavar, numero de procesos por día, tiempo de trabajo de cada proceso.

Figura 3.13 Pantalla de gestión de procesos



Pantalla de gestor de procesos para el control y administración de los procesos, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 3.40 Detalla cada ítem de la pantalla de gestión de procesos.

ITEM	DETALLE
Cantidad de jean	Numero de jean lavados
Cantidad de procesos por día	Proyección de procesos stone, stone tinturado, tinturado
Tiempo de trabajo de los procesos inicio	Cálculo de tiempo de cada proceso Direcciona a la pantalla de inicio
Configuración	Detalla los datos de todo el sistema
Grafica proceso vs tiempo	Simula la activación de químicos

Tabla descriptiva de los componentes que intervienen en la pantalla de gestión, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

## CAPÍTULO 4

### PRUEBA Y RESULTADOS

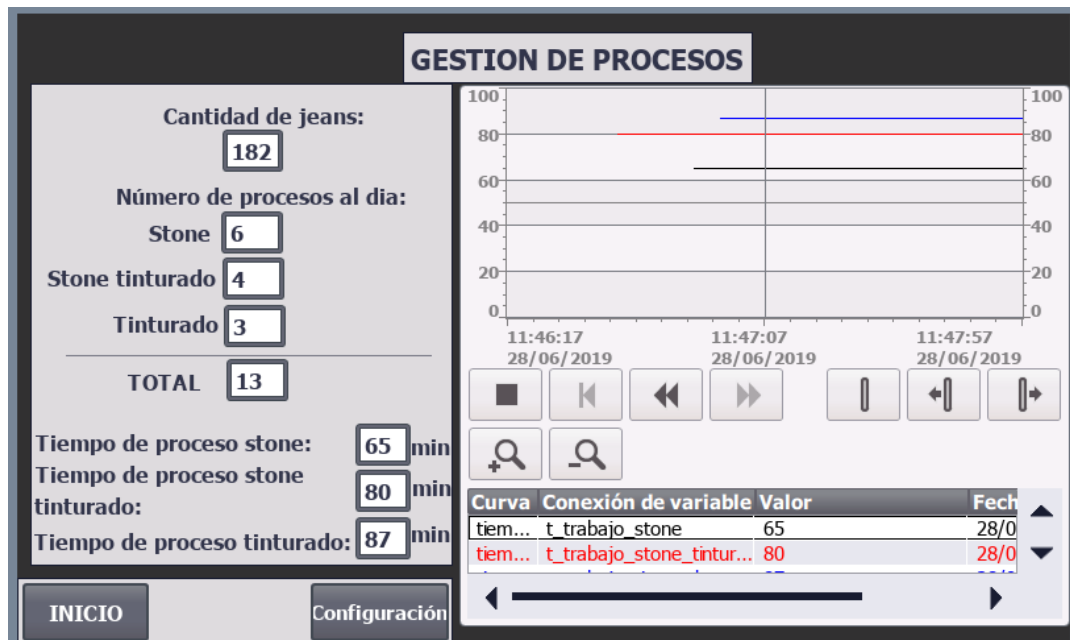
El desarrollo de este capítulo se proyecta en la prueba y resultados de la simulación de automatización de una lavadora frontal industrial de jeans. Mediante la solución generada en la sección 3.7, se desarrolla interfaces para cada uno de los procesos más relevantes de la fábrica. A continuación, al ingresar datos de peso y seleccionar varias veces los procesos se puede constatar en la Tabla 4.1 la cantidad de tiempo que se efectúa por cada proceso en modo automático.

Tabla 4.1 Relación entre cantidad de procesos y tiempo de trabajo

Tipo de proceso	Numero de procesos	Tiempo de trabajo (min)
Stones	2	176
Stones_tinturado	2	194
Tinturado	2	200
Total	6	570

Tabla de relación de tipo de procesos vs. Tiempo de trabajo, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

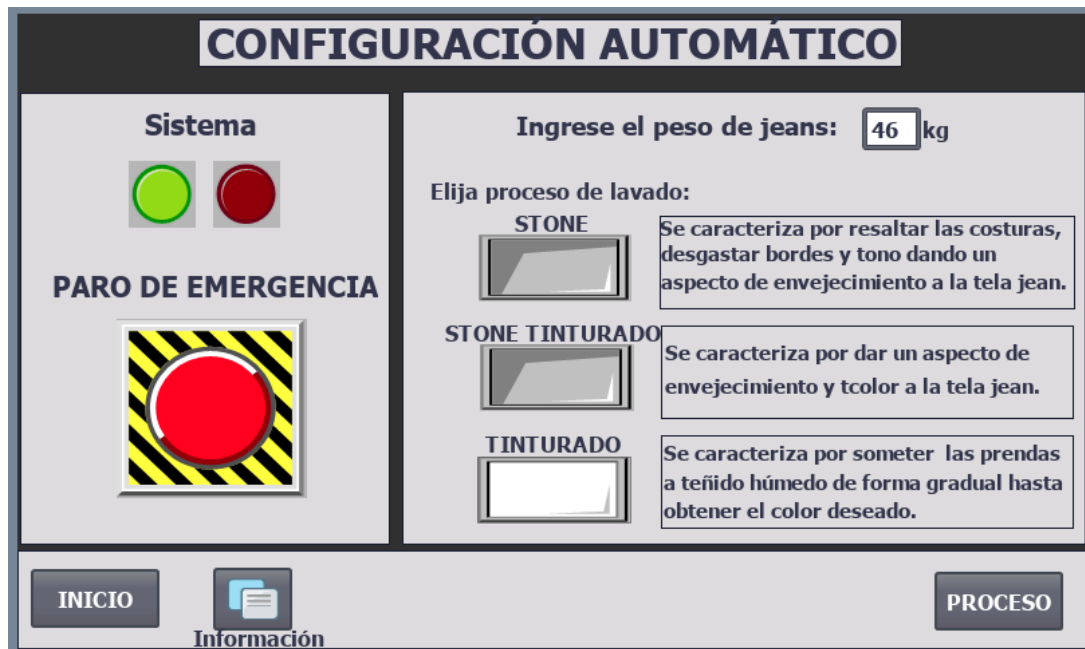
Figura 4.1 Resultado efectuados por la simulación



Datos obtenidos acorde a los procesos efectuados en la simulación, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

A medida que se establece el peso de los pantalones el consumo de agua mejora ya que el nivel de agua está controlado por un sensor de peso y tres sensores de nivel.

Figura 4.2 Ingreso del peso del jean y tipo de proceso



Pantalla de configuración donde se establece el tipo de lavado y peso del proceso, Elaborado por:  
Erika Fernanda Guallichico Molina

Cada que se activa cualquier de los tres procesos ingresa a un contador dando como resultado la cantidad de procesos por día.

#### 4.1 Productividad

Productividad de forma manual se genera seis días de la semana de lunes a sábado aproximadamente de 8h a 10h de trabajo dependiendo la cantidad de trabajo por día, así mismo la cantidad jeans este entrelazado con el tiempo que se demora cada proceso, se debe considerar que los días lunes y martes la producción es más baja aproximadamente a la mitad.

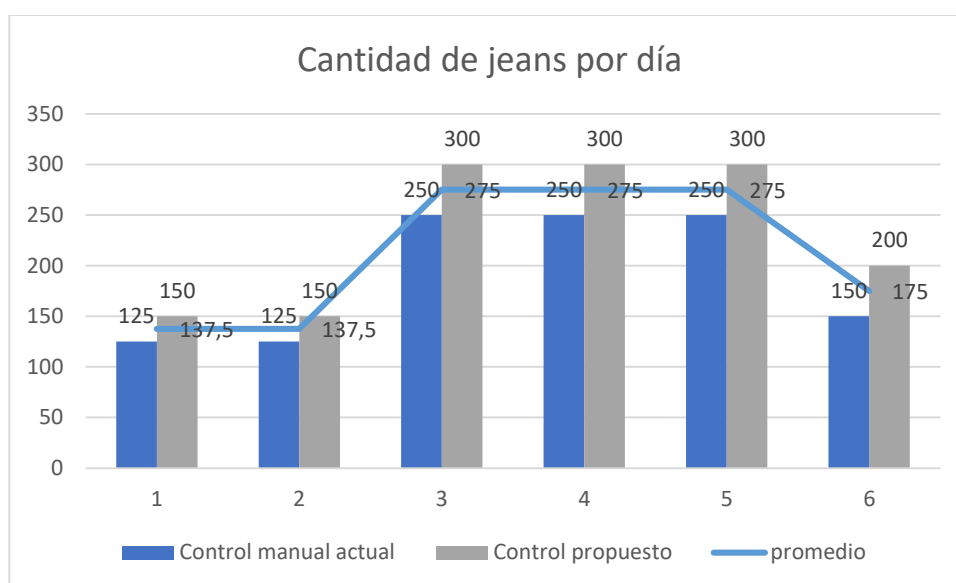
Productividad de forma automática de un control ON/OFF se considera los mismos días de la semana con baja productividad de los días lunes y martes, pero con la cantidad de procesos efectuados en la Tabla 4.1, con el objetivo de garantizar un ahorro de insumos, tiempo y economía de la fábrica.

Tabla 4.2 Productividad de jeans por día

<b>Cantidad de jeans por día</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Total</b>
Control manual actual	125	125	250	250	250	150	<b>1150</b>
Control semi - automático propuesto	150	150	300	300	300	200	<b>1400</b>
<b>Promedio</b>	<b>137.5</b>	<b>137.5</b>	<b>275</b>	<b>275</b>	<b>275</b>	<b>175</b>	<b>1275</b>

Tabla de productividad que se establece en la empresa Bull's Xtreme, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Figura 4.3 Representación de la Tabla 4.2



Representación gráfica de productividad de la empresa, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico Molina

Considerando la producción de jeans promedio a la semana con el sistema actual manual es 192 jeans y con la propuesta de automatización sería de 276 jeans. Entonces, la razón entre la producción propuesta con el sistema automatizado y con el sistema actual se indica su mejora en la productividad en la ecuación siguiente,

$$\text{Eficiencia Productiva} = \frac{\text{producción real}}{\text{producción ideal}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia Productiva} = \frac{1150 \text{ jeans}}{1400 \text{ jeans}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia productiva} = 82\%$$



## 4.2 Análisis Costo - Beneficio

La propuesta de un control automático para mejora en el proceso de lavado en el lapso semanal generando una eficiencia global de la máquina, lo que significa que de cada 100 jeans la máquina produce 82 jeans. Tomando en cuenta si:

$$75\% \geq OEE < 85\%$$

Por lo tanto, es un porcentaje aceptable, en las cuales se considera ligeras pérdidas.

Para el análisis del Costo – Beneficio del proyecto se considera los costos de cada material que se propone utilizar en su futura implementación, de la misma manera se especifica el costo de la mano de obra y fabricación del sistema, con el objetivo de determinar las variables VAN y TIR. En el Anexo 5 se detalla la proforma de costos totales del proyecto.

También, se debe considerar el costo de operación y manufactura de lavado de jeans, el costo debido al salario de un operador mensual es \$500,00 que traducido al día de trabajo es aproximadamente \$21,00. Los costos totales condensados se muestran mediante la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Costo de producción por semana

<b>Productividad</b>	<b>Cantidad de jeans/semana</b>	<b>Costo/unit (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
Proceso manual actual	1150	0,95	1093,00
Proceso Automático propuesto	1400	0,95	1330,00

Tabla costo de producción que se genera semanalmente en la empresa Bull's Xtreme, Elaborado por:  
Erika Fernanda Guallichico Molina

Tabla 4.4 Gastos de elaboración de jeans por día

<b>Detalle</b>	<b>Costo (USD)</b>
Operario	21,00
Materia prima	120,00
Consumo eléctrico	7,00
<b>TOTAL x día</b>	<b>148,00</b>

Tabla de detalle de gastos de productividad diarios, Elaborado por: Erika Fernanda Guallichico  
Molina

La ganancia semanal con el sistema automático propuesto considerando la producción promedio viene dada por la siguiente ecuación: (Bracho, 2014)

$$\text{Ganancia} = \text{Ingresos netos} - \text{Gastos fabricación} \\ \times \text{días laborables por semana} \quad \text{Ec.4.1}$$

$$G = 1330,00 - 148,00 \times 6$$

$$G = \$ 442,00$$

En tanto por ciento la ganancia semanal sería:

$$G\% = \frac{\$442,00}{\$1330,00} \times 100\%$$

$$G\% = 33\%$$

Para el cálculo del TIR se considera que la inversión de todo el sistema sería \$13.000,00. Costo que se detalla en el Anexo 5, por lo tanto, la ganancia semanal de 1400 jeans es de:

$$G = \text{Cantidad de jeans} \times \text{Ganancia} \quad \text{Ec.4.2}$$

$$G = 1400 \times 0,33$$

$$G = \$462,00$$

Con la cantidad de jeans procesados se obtiene una ganancia de \$462,00 por semana y permite calcular la recuperación del costo de inversión inicial del proyecto, que está dada por la ecuación 4.3.

$$\text{Costo de inversión} = \text{Ganancia semanal} \times \text{Tiempo en semanas} \quad \text{Ec.4.3}$$

$$\$13.000,00 = \$462,00 \times \text{Tiempo (semanas)}$$

$$\text{Tiempo (semanas)} = \frac{\$13.000,00}{\$462,00}$$

$$\text{Tiempo (semanas)} = 28,14$$

Por lo tanto, la inversión a realizar de \$13.000,00 se recuperaría en tiempo estimado de 28,14 semanas.

Tabla 4.5 Valores de ganancias por periodos

<b>Ganancia</b>	<b>Valor, USD</b>
Semanal	462,00
Mensual	1.848,00
Anual	22.176,00

Tabla de ganancias semanal, mensual y anual, Erika Fernanda Guallichico Molina

La tasa interna de retorno TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos generando un VAN a cero, definida en la Ec 4.4:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad \text{EC.4.4}$$

$F_t \rightarrow$  flujos de dinero en cada periodo  $t$

$I_0 \rightarrow$  inversion inicial

A partir de la Ecuación 4.4 se determina la tasa interna de retorno con una ganancia mensual de 1.848,00 considerando un tiempo de retorno de la inversión de 7 meses.

Así:

$$VAN = -13000 + \frac{1848}{1 + TIR} + \frac{1848}{(1 + TIR)^2} + \frac{1848}{(1 + TIR)^3} + \frac{1848}{(1 + TIR)^4} + \frac{1848}{(1 + TIR)^5} = 0$$

$$TIR = 0,00123 \sim 0.12\%$$

Con este antecedente se recomendaría la implementación de este estudio por su rápida recuperación en la inversión.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Se desarrolló el estudio de factibilidad para la automatización de una lavadora frontal de jean en la fábrica BULL'S XTREME ubicada en Pelileo, para lo cual, se utilizó el proceso de simulación para determinar su futura implementación.

Se realizó la caracterización del proceso de la máquina frontal de jeans, haciendo primero el levantamiento de planos, eléctricos y de instrumentación. De ahí, se obtuvo las variables de entradas y salidas involucradas en el proceso.

Se diseñó un sistema de control automático, utilizando la ingeniería concurrente y así, lograr la obtención de la mejor alternativa de solución de equipos a partir de las ventajas desventajas de cuatro criterios que son: costo, funcionalidad, manufactura y operación para la futura implementación del sistema.

Se verificó el proceso de automatización mediante la simulación en el software WINCC Runtime, en el cual se crearon interfaces gráficas para el control automático del sistema, realizando dos pruebas para cada proceso dando como resultado un tiempo de trabajo de 570 min y la cantidad de jeans lavados de 1400, obtenido una eficiencia productiva del 82%, siendo un porcentaje aceptable para una implementación futura del proyecto.

Se realizó el análisis costo – beneficio a partir de la proforma general de los equipos y sus respectivos costos para la implementación futura del sistema con un costo de inversión de \$13.000,00. Dando como resultado una tasa de interés de retorno de 0,12% en un tiempo estimado de 7-8 meses.

Se concluye que hay una optimización en la cantidad de insumos por efecto de control de activación del tambor para cada proceso de lavado y subprocesos, así mismo la dosificación exacta para cada lavada.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar la implementación del proyecto por su inmediata recuperación de inversión ya que se ha demostrado incremento en las ganancias de la empresa.

Se recomienda realizar mantenimientos preventivos trimestrales de las válvulas y tornillos sin fin por motivo de los químicos que se maneja para el lavado de jeans.

Se recomienda mantener en perfectas condiciones de aislamiento las instalaciones eléctricas, al igual que en tuberías de abastecimiento de agua, vapor y desagüe.

## REFERENCIAS

- A.r.t. (s.f.). *CILINDROS NORMAS ISO 15552 / ISO 6431 / VDMA 24562*. Obtenido de Neumaic Corporation Web site: <https://www.neumaic.com/files/Cilindros-Neumaticos-y-Actuadores-Rotativos/01%20Cilindros%20ISO%2015552.pdf>
- Aguilas Ferrufino, W. O., Guzmán Jimenez, R. A., & Jovel Cortez, M. J. (Enero de 2015). *Core ac.* . Obtenido de Core ac. Web site: <https://core.ac.uk/download/pdf/31085450.pdf>
- AIRTEC. (2019). *Direct INDUSTRY Corporation*. Obtenido de Direct INDUSTRY Corporation Web site: <http://www.directindustry.es/prod/airtec-pneumatic/product-13945-661041.html>
- Arizaga Romero, A., & Contreras Rodriguez, M. C. (Julio de 2016). *Repositorio Universidad de Lima*. Obtenido de Repositorio Universidad de Lima Web site: [http://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/ulima/3487/Arizaga\\_Romero\\_Alessandra.pdf?sequence=1](http://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/ulima/3487/Arizaga_Romero_Alessandra.pdf?sequence=1)
- Arturo. (18 de Abril de 2012). *Crece Negocios Corporation*. Obtenido de Crece Negocios Corporation Web site: <https://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>
- Beltrán, V. M. (Junio de 2016). *Repositorio Universidad Católica San Pablo* . Obtenido de [http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/14883/1/CARPIO\\_BELTRAN\\_VAN\\_EST.pdf](http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/14883/1/CARPIO_BELTRAN_VAN_EST.pdf)
- Chinche Apaza, C. C. (Noviembre de 2013). *Monografias.com*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos98/procesos-industriales-lavado-textiles-jeans/procesos-industriales-lavado-textiles-jeans3.shtml>
- Delgado Victore, R., & Vérez García, M. A. (2015). El estudio de factibilidad en la gestión de los proyectos de inversiones. *Revista Activos*, 177-196.

- FDM lib. (7 de Abril de 2019). *FDM lib Corporation*. Obtenido de FDM lib Corporation Web site: <https://es.freownloadmanager.org/Windows-PC/Zelio-Soft-2-GRATIS.html>
- Ferrandi, T. (s.f.). *Universidad de Vigo*. Obtenido de Universidad de Vigo Corporation Web site: [https://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/8434/PONENCIA\\_WONDERWARE\\_JAI2010.pdf](https://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/8434/PONENCIA_WONDERWARE_JAI2010.pdf)
- Gilma Arroyave , L. (1 de Febrero de 2013). *Acerca de nosotros: Facmed Unam*. Obtenido de Facmed Unam Web site: <http://www.facmed.unam.mx/emc/computo/infomedic/presentac/modulos/modulo3/decisiones/clase5/>
- González, S. P. (Julio de 2015). *Dspace Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de Dspace Universidad Politécnica Salesiana Web site.
- Hernandez Martinez, R. (s.f.). *Acerca de nosotros: Academia Corporation*. Obtenido de Academia Corporation Web Site: [https://www.academia.edu/27319134/Visualizaci%C3%B3n\\_y\\_control\\_de\\_procesos](https://www.academia.edu/27319134/Visualizaci%C3%B3n_y_control_de_procesos)
- Martinez Hernandez, G. (18 de Febrero de 2017). *PREZI*. Obtenido de Sistemas automaticos: <https://prezi.com/1ym80-kuuxot/sistemas-automaticos/>
- Martínez, V. H., & P, A. (11 de Abril de 2011). *EcuRed Corporation*. Obtenido de EcuRed Corporation Web site: [https://www.ecured.cu/Simulaci%C3%B3n\\_de\\_Procesos](https://www.ecured.cu/Simulaci%C3%B3n_de_Procesos)
- Mora, M. M. (2011). *Repositorio Universidad Técnica de Ambato* . Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato Web site: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1358>
- Olesinski, J. D. (Marzo de 2007). *Estudio de factibilidad de una línea de producción de chicle con relleno líquido*. Obtenido de Biblioteca de la Universidad de San Carlos de Guatemala: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0421\\_MI.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0421_MI.pdf)
- Ortiz, K. (16 de 8 de 2018). *RCNRADIO Corporation*. Obtenido de RCNRADIO Corporation Web site: <https://www.rcnradio.com/estilo-de-vida/medio-ambiente/jeans-una-de-las-prendas-mas-daninas-para-el-medio-ambiente>
- Pacheco Sánchez, O. E. (Agosto de 2009). *Repositorio Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de Repositorio Instituto Politécnico Nacional Web site:

- [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4548/AUTOMATIZACION MAQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4548/AUTOMATIZACION%20MAQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Paulis. (6 de Octubre de 2017). *MOLDES DE MODA*. Obtenido de Wordpress: <https://moldesdemoda.wordpress.com/2017/10/06/procesos-del-indigo/>
- Piedrafina Moreno, R. (2004). *Ingeniería de la automatización industrial*. Madrid - España: Alfaomega Ra-Ma.
- Prodintec. (s.f.). *Prodintec Fábrica de futuro*. Obtenido de <http://www.prodintec.es/es/nuestra-actividad/ingenieria-de-procesos/simulacion-de-procesos-industriales>
- Romeva, C. R. (2002). *Diseño Concurrente*.
- Schneider Electric. (2018). Smart relays Zelio logic. *Catálogo Septiembre*, 3-25.
- Seguel, E. (s.f.). *Acerca de nosotros: Academia*. Obtenido de Academia web site: [https://www.academia.edu/11748103/TEMA\\_4\\_CONTROL\\_DE\\_PROCESOS S\\_INDUSTRIALES.\\_CONTROL\\_DISTRIBUIDO.\\_4.1.-INTRODUCCI%C3%93N\\_AL\\_CONTROL\\_DE\\_PROCESOS](https://www.academia.edu/11748103/TEMA_4_CONTROL_DE_PROCESOS_INDUSTRIALES._CONTROL_DISTRIBUIDO._4.1.-INTRODUCCI%C3%93N_AL_CONTROL_DE_PROCESOS)
- Siemens. (s.f.). *Simatic WinCC-Visualización de procesos con plant intelligence* . Obtenido de Simatic WinCC-Visualización de procesos con plant intelligence Corporation Web site: [http://paginaspersonales.deusto.es/jrevilla/infind/docs/brochure\\_simatic-wincc\\_ES.pdf](http://paginaspersonales.deusto.es/jrevilla/infind/docs/brochure_simatic-wincc_ES.pdf)
- TeslaScada. (2011). *TeslaScada Multi-Plataform Solution* . Obtenido de TeslaScada Multi-Plataform Solution Corporation Web site : <http://teslascada.com/>
- Turmero, P. (s.f.). *Monografías Corporation*. Obtenido de Monografías Corporation Web site: <https://www.monografias.com/trabajos105/automatizacion-industrial-interfaz-hombre-maquina/automatizacion-industrial-interfaz-hombre-maquina.shtml>
- Valencia, U. d. (s.f.). *Entornos Scada. Introducción a WinCC*. Valencia: ETSE.
- WEG. (s.f.). Motor Eléctrico Trifásico. *Catálogo técnico mercado latino-americano*, 10-25.
- Wonderware. (2019). *Wonderware Iberia*. Obtenido de Wonderware Iberia Corporation Web site: <http://www.wonderware.es/hmi-scada/intouch/caracteristicas/>
- Yaar, J. A. (s.f.). *Dspace* . Obtenido de Universidad de Talca : <http://dspace.utalca.cl/bitstream/1950/5688/1/resumen.pdf>



Yaar, J. A. (s.f.). *Dspace* . Obtenido de Universidad de Talca :  
<http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/5688/1/resumen.pdf>

# ANEXO 1

## LAVADORA FRONTAL DE JEAN'S



Vista frontal



Vista posterior



Vista lateral izquierda

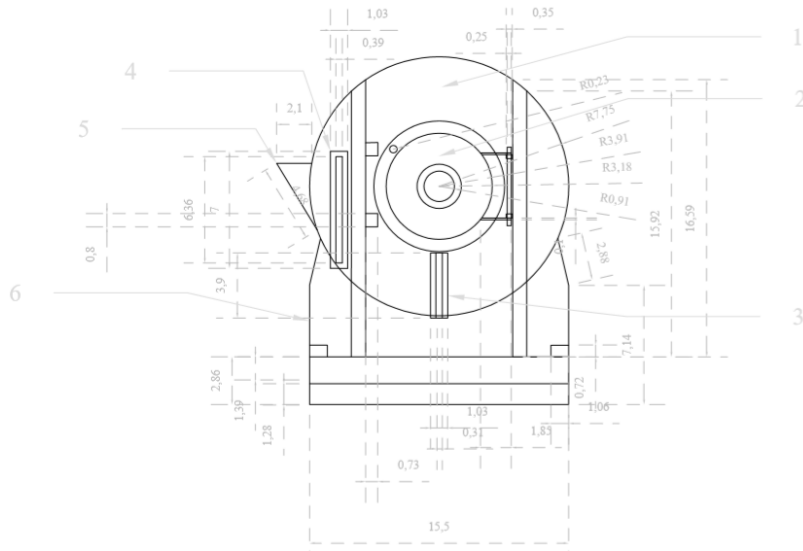


Vista lateral derecha

## ANEXO 2

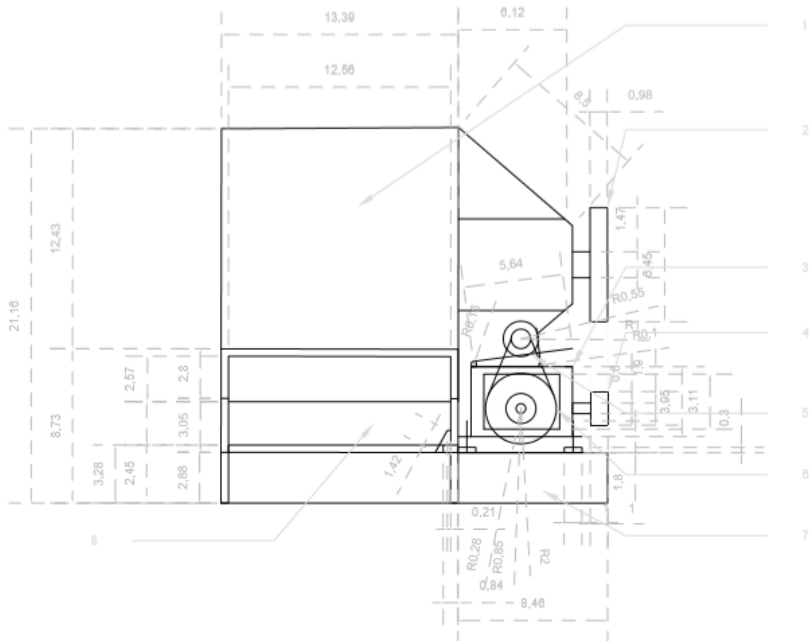
### Diagrama de vistas en Autocad de la lavadora frontal

VISTA FRONTAL LAVADORA DE JEAN



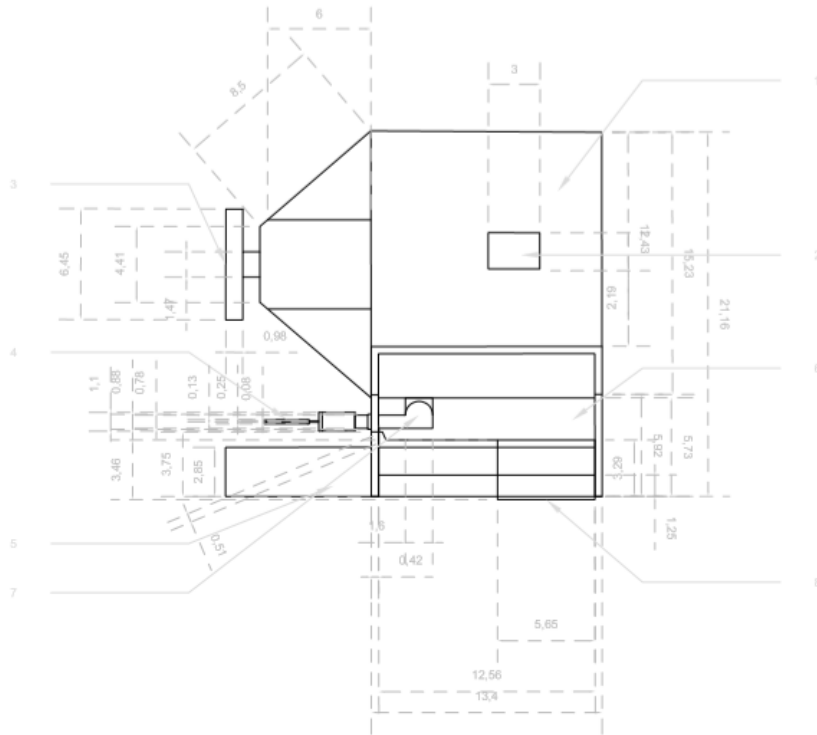
VISTA FRONTAL LAVADORA	
1	Canasta
2	Puerta lavadora
3 y 4	Nivel de agua
5	Compuerta de químicos
6	Estructura

VISTA LATERAL DERECHA DE LAVADORA DE JEAN



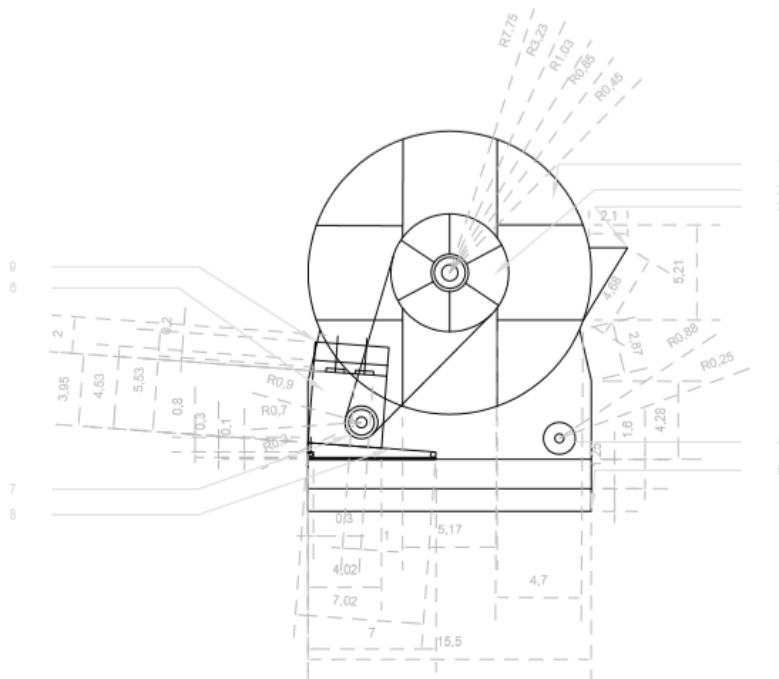
VISTA LATERAL DERECHA	
1	Canasta parte lateral de.
2	Polea del eje del tambor
3	Caja reductora
4	Polea caja reductora
5	Polea motor trifásico
6	Polea de entrada caja reductora
7	Base
8	Estructura
Escala 1:10	

VISTA LATERAL IZQUIERDA DE LAVADORA DE JEAN



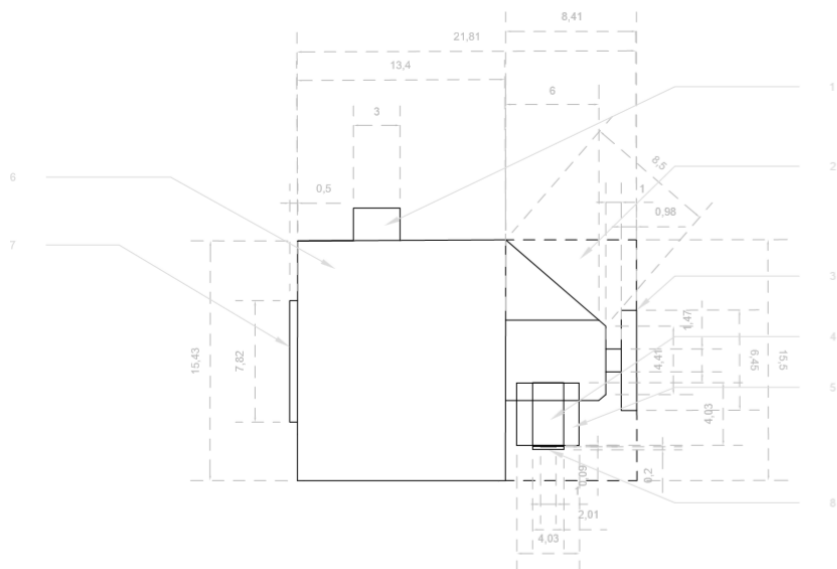
VISTA LATERAL IZQUIERDA	
1	Canasta parte lateral iz.
2	Compuerta de químicos
3	Polea del eje del tambor
4	Cilindro doble efecto
5	Base
6	Estructura
7	Tubería salida de agua
8	Soporle lavadora
Escala	1:10

VISTA POSTERIOR LAVADORA DE JEAN



VISTA POSTERIOR	
1	Canasta posterior
2	Polea del eje del tambor
3	Compuerta de químicos Caja reductora
4	Cilindro neu. doble efecto
5	Estructura
6	Caja Reductora
7	Polea de salida caja reductora
8	Tensor
9	Caja reductora
Escala	1:10

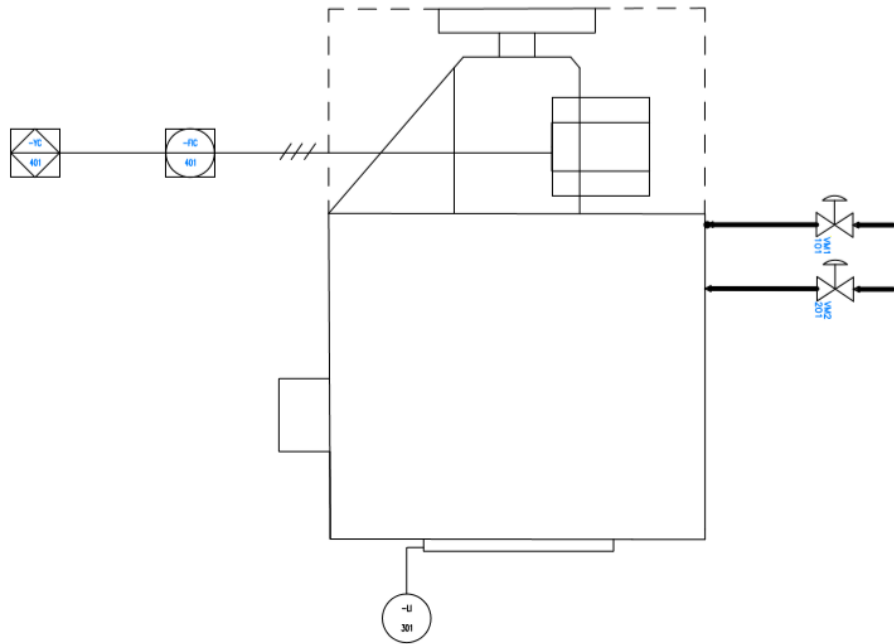
VISTA POSTERIOR LAVADORA DE JEAN



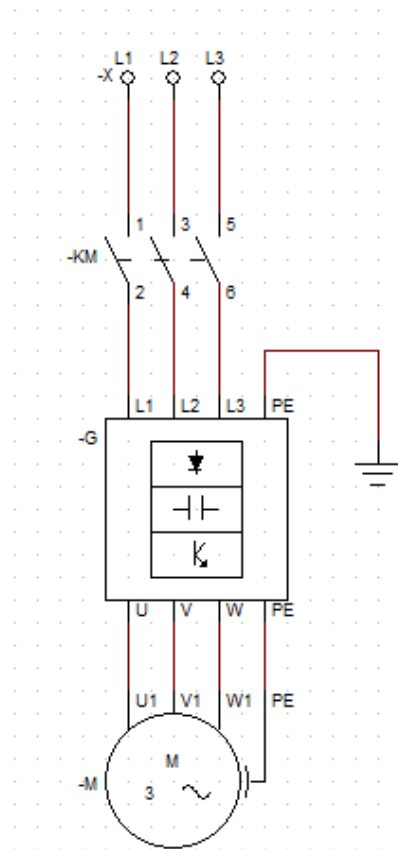
VISTA SUPERIOR	
1	Compuerta de químicos
2	Base
3	Polea del eje del tambor
4	Motor
5	Caja reductora
6	Canasta parte superior
7	Puerta Frontal
8	Polea motor trifásico
Escala	1:10

# ANEXO 3

## Diagrama P&ID

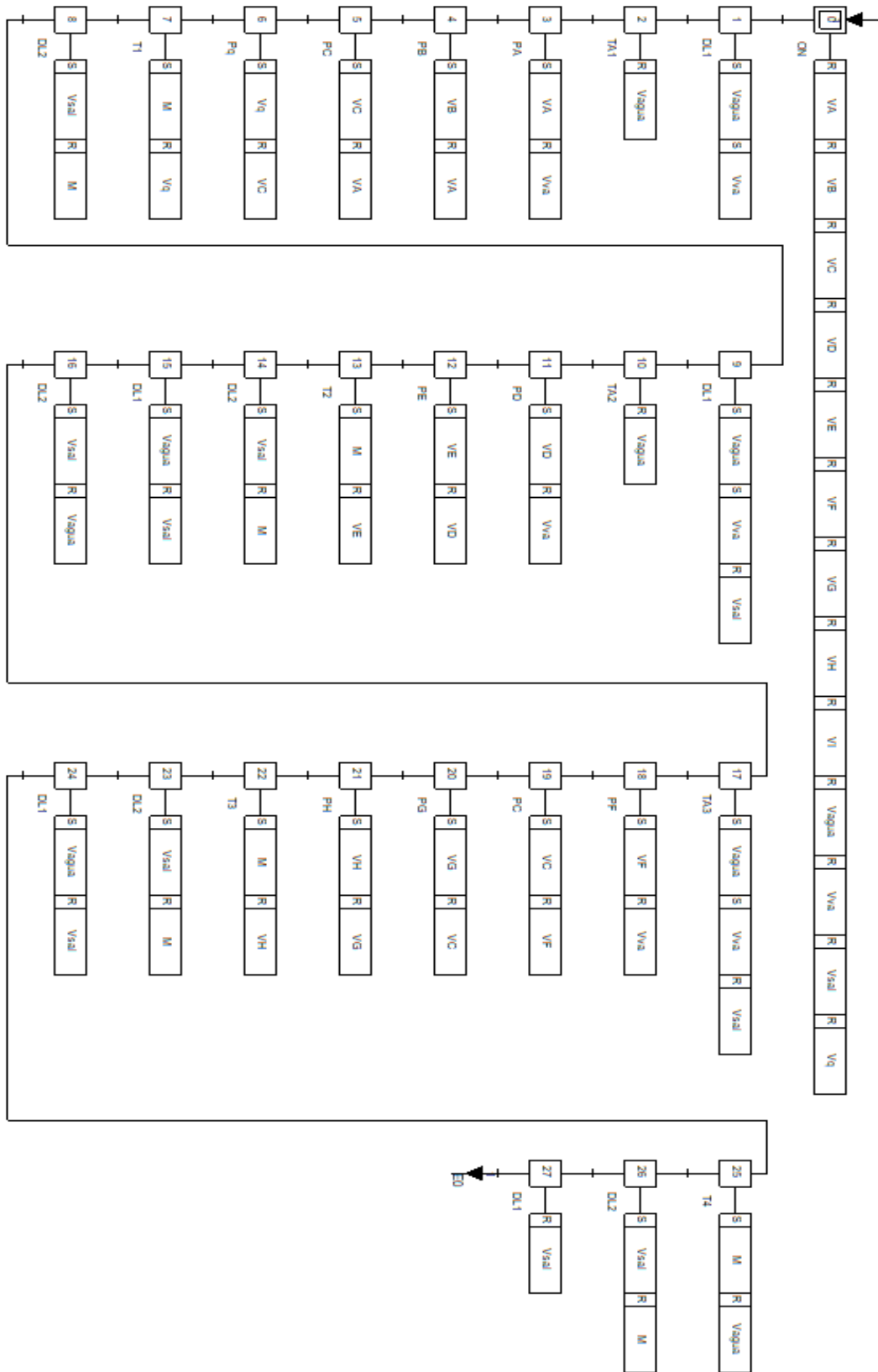


## Diagrama de potencia

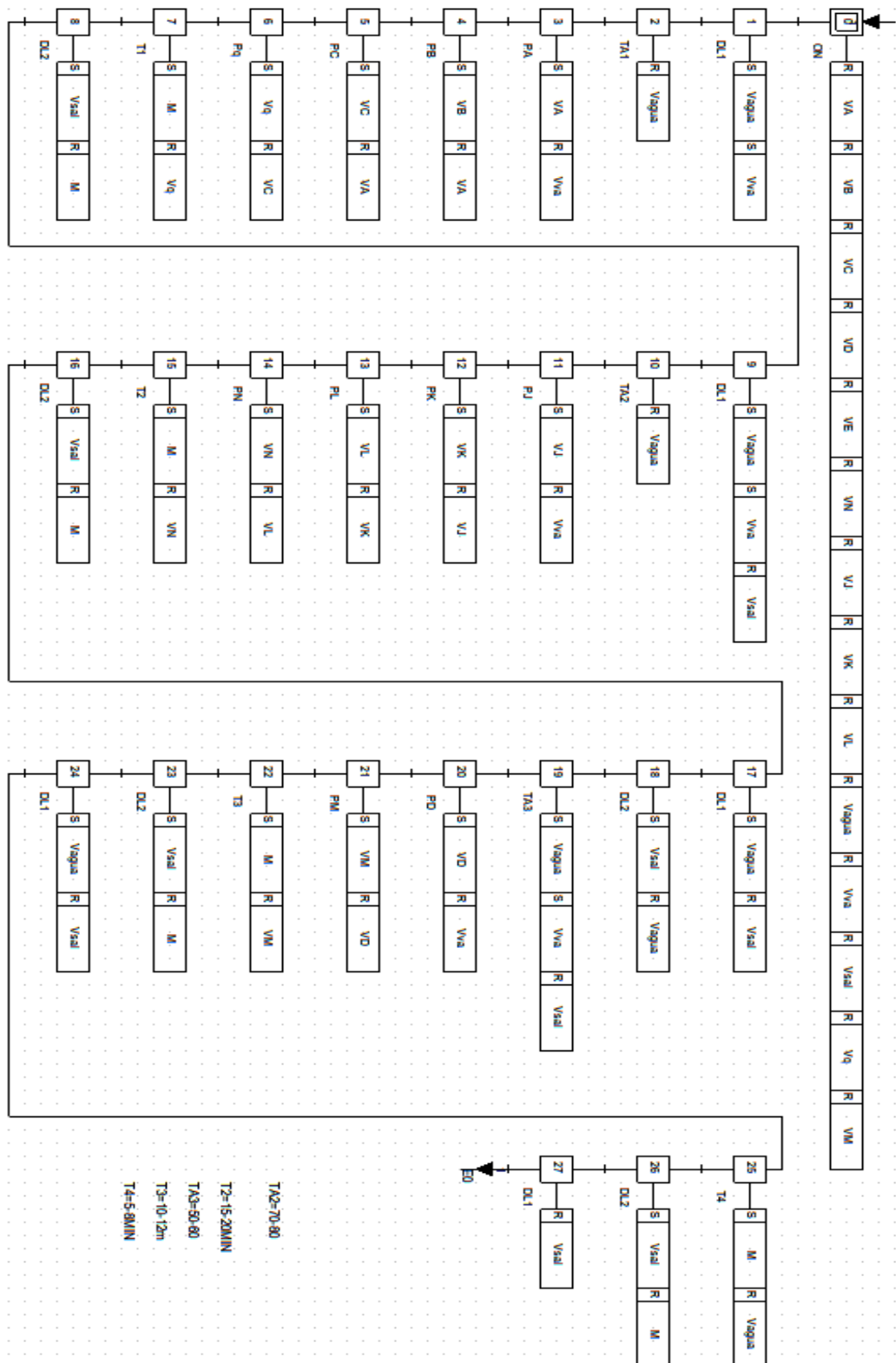


# ANEXO 4

Diagrama de Graphcet de proceso de Lavado Stone

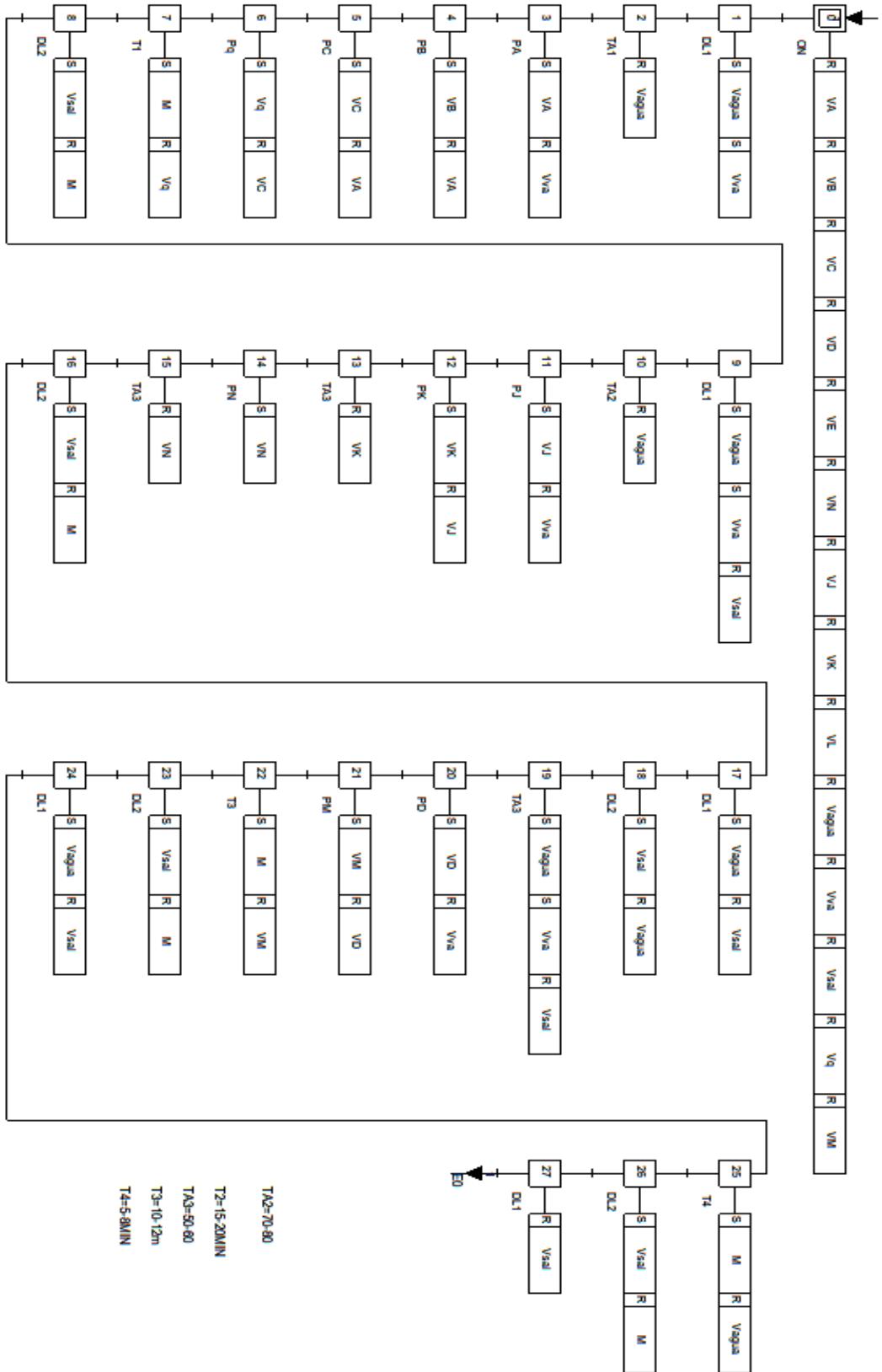


# Diagrama de Graphcet de proceso de Lavado Stone - Tinturado





# Diagrama de Graphcet de proceso de Lavado Tinturado



## ANEXO 5

Tabla de costos de implementación del sistema

Cantidad	Detalle	Costo/unit (USD)	Subtotal
1	PLC Siemens s7-1200 CPU 1214C	890,00	890,00
1	Módulo de E/S digitales	220,00	220,00
1	HMI KTP700	1.250,00	1.250,00
13	Electroválvulas neumáticas	25,00	325,00
5	Luces piloto	5,00	25,00
1	Paro de emergencia	20,00	20,00
1	Sensor de temperatura PT100	247,00	247,00
1	Sensor de nivel CLS100	457,00	457,00
4	Dosificadores a tornillo sin fin	600,00	2.800,00
1	Dosificadores a tornillo y balanza	700,00	800,00
10	Dosificadores gravimétricos	300,00	3.000,00
3	Fusibles y portafusibles	7,00	21,00
15	Braker de protección 2Φ	12,00	180,00
20	Borneras	2,00	40,00
100	Terminales	4,00	4,00
1	Etiquetas	30,00	30,00
600	Cable 3 × 16	2,00	1.200,00
	Mano de obra		1.500,00
	<b>TOTAL</b>		<b>13000,00</b>