



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Propuesta de un sistema automatizado de control de humedad para
optimizar la línea de secado de harina de pescado.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Ipanaque De La Cruz, Manuel Alejandro (ORCID: [0000-0002-6019-0155](https://orcid.org/0000-0002-6019-0155))

Paredes Zelaya, Miguel Ángel (ORCID: [0000-0001-6641-6971](https://orcid.org/0000-0001-6641-6971))

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: [0000-0001-6743-6915](https://orcid.org/0000-0001-6743-6915))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos.

CHICLAYO – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mi esposa e hija por su apoyo y comprensión durante el desarrollo de este trabajo y a Dios por permitirme ver la luz en los momentos de oscuridad.

“El trabajo duro supera al talento, cuando el talento no trabaja duro”. (Tin Notke).

M. Ipanaque

A dios por otorgarme fortaleza, salud y guiarme por el camino correcto en mi vida personal y profesional.

A mis padres quienes son el pilar de motivación para superarme cada día más y así poder lograr mis objetivos.

M. Paredes

Agradecimiento

Agradecemos a la universidad César Vallejo, a sus docentes y directivos por el desarrollo del programa de taller de elaboración de Tesis que nos ha permitido la obtención de nuestro título profesional.

Los autores.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III.METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización	13
3.2.1. Variable independiente.	13
3.2.2. Variable dependiente.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos	17
IV.RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN	55
VI.CONCLUSIONES	59
VII.RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS	69

Índice de tablas

Tabla 1: Humedad a la entrada del secador rotadisco	20
Tabla 2: Humedad en la entrada del secador rotatubos.....	20
Tabla 3: Humedad en la salida de la línea de secado	21
Tabla 4: Presión de vapor secador rotadisco	22
Tabla 5: Presión de vapor secador rotatubos.....	22
Tabla 6: Consumo de corriente secador rotadisco	23
Tabla 7: Consumo de corriente secador rotatubos.....	24
Tabla 8: Parámetros de entrada de proceso de secado, aplica a ambos secadores	25
Tabla 9: Parámetros de salida de proceso de secado, aplica a ambos secadores	25
Tabla 10: Entradas y salidas de señales para selección de controlador	36
Tabla 11: Descripción del controlador y módulos de ampliación.....	37
Tabla 12: Sensores y actuadores del sistema automatizado de control de humedad	38
Tabla 13: Tabla de anexos sistema automatizado de control	46
Tabla 14: Costo anual por personal de apoyo en la línea de secado de harina de pescado.....	48
Tabla 15: Flujo de caja referencial para la propuesta de sistema automatizado..	40
Tabla 16: Cálculo de valor actual neto (VAN).....	41
Tabla 17: Tiempo de retorno de la inversión	42
Tabla 18: Análisis estadístico de datos reales de proceso - Rotadisco.....	44
Tabla 19: Análisis estadístico de datos reales de proceso – Rotatubo	45
Tabla 20: Datos de humedad de salida para 5 valores de humedad de ingreso con diferentes cargas en un secador rotadisco	48
Tabla 21: Datos de humedad de salida para 5 valores de humedad de ingreso con diferentes cargas en un secador rotatubo	49
Tabla 22: Valores de carga aproximados para distintos valores de humedad de entrada al secador rotadisco	50
Tabla 23: Análisis estadístico de datos obtenidos a partir del proceso automatizado para el rotadisco	50

Tabla 24: Valores de carga aproximados para distintos valores de humedad de entrada al secador rotatubo.....	51
Tabla 25: Análisis estadístico de datos obtenidos a partir del proceso automatizado para el rotatubo	52
Tabla 26: Tabla resumen entre datos reales y datos teóricos	53

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Diagrama de bloques de un sistema de control	8
Figura 2: Curvas de comparación entre control P, PI y PID	9
Figura 3: Código de identificación de instrumento según ISA-S5.1-84	10
Figura 4: Diagrama de proceso de harina de pescado ,2021.....	12
Figura 5: Diagrama de bloques del proceso de esta investigación	16
Figura 6: Plano P&ID de secador rotadisco.....	18
Figura 7: Plano P&ID de secador rotatubos (Elaboración propia).....	19
Figura 8: Valores de humedad en 3 puntos de control.....	21
Figura 9: Valores de presión de vapor en secadores.	23
Figura 10: Valores de consumo de corriente en secadores	24
Figura 11: Representa una comparación entre el % de humedad al ingreso de rotadisco con los límites de operación establecidos para este parámetro.	26
Figura 12: Representación del comportamiento entre el %humedad de entrada con el % de humedad de la salida del secador rotadisco, incluye los límites mínimo y máximo de operación de este parámetro.....	27
Figura 13: Temperatura de harina respecto de la humedad de salida en el secador rotadisco	28
Figura 14: Representa una comparación entre el % de humedad al ingreso de rotatubo con los límites de operación establecidos para este parámetro.	29
Figura 15: Representación del comportamiento entre el %humedad de entrada con él % de humedad de la salida del secador rotatubo, incluye los límites mínimo y máximo de operación de este parámetro.....	30
Figura 16: Temperatura de harina respecto de la humedad de salida en el secador rotatubo.....	31
Figura 17: Puntos de medición y control secador.....	32
Figura 18: Puntos de medición y control secadores rotatubo – ver Anexo 8.....	34
Figura 19: Capacidad de expansión de controlador S7-1200	37
Figura 20: Montaje típico de sensor Humy – 3000	45

Figura 21: Resumen presupuesto para implementación de sistema de control de humedad	47
Figura 22: Costo de reproceso por Tn de harina	49
Figura 23: Cronograma de implementación, para más detalle ver anexo 14.	43
Figura 24 : Gráfica de desviación estándar de datos reales secador rotadisco ..	44
Figura 25: Gráfica de desviación estándar de datos reales secador rotatubo.....	45
Figura 26: Gráfica de control de valores de humedad de salida de secador rotadisco después de la automatización propuesta.....	51
Figura 27: Gráfica de control de valores de humedad de salida de secador rotatubo después de la automatización propuesta	53
Figura 28: Comparación entre humedad de salida antes y después de la propuesta para el secador Rotadisco	54
Figura 29: Comparación entre humedad de salida antes y después de la propuesta para el secador Rotatubo	54

RESUMEN

En la presente investigación se plantea evaluar las condiciones actuales del proceso de secado en una planta típica de producción de harina de pescado, y a partir de esta información proponer un sistema automatizado que regule los parámetros de proceso con la finalidad de obtener el porcentaje de humedad entre 10 y 15% en la salida de la línea.

Esta investigación es del tipo aplicada porque utilizaremos investigaciones y teorías existentes para apoyarnos en la solución de nuestro problema, el diseño es de enfoque cuantitativo por que se utilizaran datos medibles, no experimental porque el sistema propuesto no será implementado y las variables solo serán estudiadas de manera teórica; también se considera transeccional porque los datos serán recolectados de un corto periodo de tiempo.

En los resultados se observó que la humedad de salida depende de 2 parámetros principales; la capacidad de evaporación del secador y el flujo másico de harina, también se considera un tercer parámetro, el porcentaje de humedad de ingreso a la línea, sin embargo, se establece que este parámetro % de humedad no es manipulable ya que depende de otra etapa del proceso de producción.

Mediante un procesamiento de datos reales y teóricos se obtiene una optimización de 7% con relación a la humedad de salida de la línea de secado.

Palabras Claves: Optimización, automatización, secado de harina de pescado.

ABSTRACT

In this research, it is proposed to evaluate the current conditions of the drying process in a typical fishmeal production plant, and from this information to propose an automated system that regulates the process parameters in order to obtain the percentage of humidity between 10 and 15% at the exit of the line.

This research is of the basic type because we will use previous work to support us in solving our problem, the design is of a quantitative approach because measurable data will be used, not experimental because the proposed system will not be implemented and the variables will only be studied theoretically; It is also considered transectional because the data will be collected in a short period of time.

In the results it was observed that the outlet humidity depends on 2 main parameters; the evaporation capacity of the dryer and the mass flow of flour, a third parameter is also considered, the percentage of humidity entering the line, however, it is established that this parameter% humidity is not manipulable since it depends on another stage of the production process.

Through a processing of real and theoretical data, an optimization of 7% is obtained in relation to the humidity of the drying line.

Keywords: Optimization, automation, drying of fish meal.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de harina de pescado es la principal actividad económica de la ciudad de Chimbote, sin embargo, con el paso de los años la producción se ha visto afectada por la escasez de la materia prima (Anchoveta- *Engraulis ringens*) debido al calentamiento de las aguas marinas a causa del cambio climático; y la depredación del recurso. Para frenar la depredación el estado peruano a través del Ministerio de la Producción (PRODUCE) y el Instituto Peruano del Mar (IMARPE) fijaron nuevos reglamentos para el desarrollo de la actividad marítima, entre ellos se estableció la cuota de pesca para la industria harinera. Así mismo con el crecimiento de la demanda internacional por la harina de pescado, se fijaron estándares de calidad más elevados en composición nutricional; de lo cual se le otorga al producto las designaciones de harina estándar, prime y super prime. Las características principales que determinan la calidad de la harina de pescado son: el contenido de proteína >67%, humedad 7.0-8.5 %, Ácidos grasos 10%, grado de descomposición TVN max. 120 mg/100g, entre otros. (Características de harina Prime – Tecnológica de Alimentos S.A.). La concentración de TVN y ácidos grasos son características que mayormente dependen de la calidad de materia prima procesada (frescura del pescado), a diferencia del contenido proteico y humedad que dependen exclusivamente del proceso.

En las plantas de harina de pescado existen 2 etapas principales donde es posible ejercer control sobre el % de humedad, estas son, la etapa de prensado y, la etapa de secado, estas etapas están sujetas a supervisión constante mediante el muestreo de la harina para análisis de laboratorio, manipulación de parámetros de operación, entre otros. Particularmente la etapa de secado para la obtención de harina prime cuenta con 2 secadores de harina del tipo indirecto, secador de discos giratorios (Rota Discos) y secador de tubos rotatorios (Rota tubos), los parámetros de control en estos equipos son, el flujo de harina, temperatura y presión de vapor. Estos parámetros son controlados de manera manual mediante la apertura de compuestas, regulación de velocidad de giro de los secadores, velocidad de alimentación de harina, regulación de presión de ingreso de vapor con válvulas manuales (un calentamiento excesivo de la harina causara

degradación de las proteínas); estas acciones de control son realizadas por operadores capacitados; sin embargo existen deficiencias en la regulación manual de los parámetros, mayormente originados por errores humanos, tales como velocidad de reacción, nivel de concentración, motivación laboral, conocimiento del proceso, problemas personales, problemas sindicales, etc. Todo esto se refleja en costos por reprocesos y/o producción de harina de menor calidad.

En ese sentido se plantea el problema de la investigación: ¿En qué medida se logrará optimizar la etapa de secado de harina de pescado con el diseño de un sistema de control automático de control de humedad?

La investigación se justifica en la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que permitan mejorar la eficiencia del proceso de secado de harina de pescado, y asegurar la máxima rentabilidad en el procesamiento del recurso marino que con el paso de los años se vuelve más escaso. Así mismo la implementación de sistemas automatizados en los procesos, ayudan al crecimiento industrial local y a la generación de puestos de trabajo mejor remunerados.

Por lo expuesto, el objetivo general de la investigación es: Proponer de un sistema automatizado de control de humedad para optimizar la línea de secado de harina de pescado; y los objetivos específicos son i) Identificar las partes, equipos y/o dispositivos que conforman la línea de secado de harina de pescado, ii) Identificar las principales magnitudes físicas de entrada y salida que intervienen en el proceso de secado de harina. iii) Analizar el comportamiento de las magnitudes físicas de entrada y de salida. iv) Presentar una propuesta de sistema automatizado de control de humedad, incluir costos y cronograma para implementación.

II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de del presente informe se revisaron investigaciones previas, en las que se desarrolla la misma o similar problemática.

Antecedentes Internacionales: Córdova (2018) en su tesis de Estudio técnico para implementar un secador a vapor en el proceso de la harina de pescado para maximizar la calidad del producto terminado en la empresa PESCADOS Y MARISCOS ubicado en la comuna Jambelí, Provincia de Santa Elena, Fue un estudio de enfoque cuantitativo y de diseño no experimental - descriptivo. Tuvo como objetivo mejorar la calidad de la harina de pescado mediante la implementación de un secador rotadiscos. Se logró identificar la causa raíz del problema que ocasionaba perdidas de calidad de harina, mediante la elaboración de diagramas (Ishikawa). Se concluye que con la implementación del secador a vapor rotadiscos en conjunto con el secador a fuego directo (FAQ) que actualmente se usa, lograría mejorar la calidad del producto, pasando de producto de harina Estándar a harina Prime (% de humedad de 6 a 10%). Además, a través del análisis costo beneficios, se determinó que la propuesta realizada es factible, viable y con buena rentabilidad, teniendo una utilidad de \$120.960,00 por año.

Reyes (2016), en su tesis Estudio técnico para la implementación de un secador a vapor que permita mejorar la calidad de la harina de pescado en la empresa NIRSA ubicado en la parroquia Posorja provincia del Guayas, Fue un estudio cuantitativo de diseño no experimental - descriptivo. Se planteo como objetivo eliminar las causas que originan un alto porcentaje de humedad y por así reducir la producción de productos no conformes. La investigación tiene como población a 28 trabajados a los cuales se le hicieron encuestas relacionadas con la elaboración de harina de pescado. Se concluye que mediante la implementación de 02 secadores rotadiscos y 01 secador rotatubos más la adaptación del secador de aire caliente mejoraría la calidad de la harina de pescado. Se estima una recuperación de la inversión aproximada a 0.71 años, es decir 9 meses y con la utilidad en el primer año de \$ 5.020.390,75; de esto queda claro que el proyecto es viable.

Álvarez, Rutman y Guerrero (2018), en su investigación titulada Secado de harina de pescado: estudios experimentales en un secador de bandejas. El tipo de

investigación es aplicativo - Experimental. El objetivo de investigación está orientado al estudio básico del secado de harinas, con el fin de mejorar la eficiencia de los secadores industriales. En esta investigación se obtuvieron experimentalmente las curvas de secado de harinas en una bandeja de 5mm de espesor, variando la temperatura y velocidad del aire, para tres muestras de harina. Se concluyó que el nivel de temperatura del aire y la cantidad de sólidos aportados por el concentrado tienen una gran influencia en la velocidad de secado, en cambio la velocidad del aire no fue significativa, en el rango de las variables estudiadas.

Soriano (2015) en su Estudio técnico para optimizar el control de calidad, en el proceso de secado de la harina de pescado en la compañía industrial pesquera "Junín S.A. Junsa" ubicado en la parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena, realizó el análisis del proceso de producción de harina de pescado y la evaluación de las variables de control de calidad de la harina, identificando que para lograr la calidad de la harina en la etapa de secado se debe mantener un valor mínimo de temperatura de 70 °C con un rango de humedad de 6 a 10%, así mismo utiliza la técnica de encuesta dirigida al personal de operación de planta de lo que concluye la mayor parte de harina reprocesada es a causa de un deficiente proceso de secado, finalmente recomienda la implementación de un secador más eficiente.

Como antecedentes nacionales se tiene a: Aduato y Portilla (2019) en su tesis Modelamiento de un Sistema de Control no lineal a lazo cerrado para Optimizar un Secador tipo Rotatubos en la Producción de Harina de Pescado. La investigación fue cuantitativa del tipo básica y de diseño no experimental. Cuyo objetivo fue modelar un sistema de control no lineal mediante simulink aplicando modelos matemáticos en base a los balances de materia y energía, así como las ecuaciones que intervienen en el secador. Se llegó a la conclusión que mediante simulaciones a lazo cerrado se logró obtener menor desviación de % de humedad de salida con respecto a su setpoint (15), obteniendo una desviación $\pm 0.05\%$, estando dentro de los límites establecidos para la humedad de harina en la salida del secador (14 a 18%).

Cárdenas (2015), en su investigación para el mejoramiento de la etapa de prensado en el proceso de elaboración de harina de pescado mediante un sistema

automático de control de humedad en la empresa JADA S.A. utilizo un diseño cuasi experimental mediante el uso de un software de simulación. Como población considera todas las plantas que requieran controlar los parámetros de humedad de cualquier materia prima y su toma como muestra a la empresa pesquera JADA S.A., utilizo como técnicas de investigación el análisis de elementos de máquinas y mecanismos, ecuaciones experimentales y técnicas de control, en sus resultados indica que no existe un procedimiento estandarizado para la operación de la etapa de prensado por lo que describe a secuencia general empleada en la empresa de su estudio, para el control de humedad en esta etapa propone implementar un control PID, utilizando como dimensión la velocidad de giro del tornillo de la prensa concluye que la velocidad de giro es inversamente proporcional al porcentaje de humedad en la salida del equipo para un flujo masico de ingreso constante.

Rubio (2019), en su tesis de Evaluación técnica económica en una planta pesquera en Chimbote, al instalar un segundo secador a fuego directo en la primera etapa de secado para la línea de harina y aceite de pescado. La investigación es del tipo aplicada y de diseño experimental. Se llegó a la conclusión que, si bien por una parte es conveniente instalar un nuevo secador a fuego directo por lo que aumentaría la capacidad de secado de la planta, pero no es favorable debido al incremento de los costos fijos, costo variable, así como a la baja producción de harina de pescado ante la escasez de la materia prima.

Sánchez (2015) en su proyecto de mejoramiento de la etapa de cocinado en el proceso de elaboración de harina de pescado mediante un sistema de control automatizado de la temperatura, describe que realizó un modelamiento matemático de una cocina mediante ecuaciones de transferencia de calor de lo cual determino que existe un sobredimensionado de la cocina existente en la empresa de su análisis, posteriormente plantea un sistema automatizado PID que regule la presión y fujo de vapor para mantener la temperatura del pescado dentro del rango deseado. Finalmente, con ayuda de la tecnología informática realiza una simulación de su sistema de control PID propuesto concluyendo que la instalación del sistema automático garantiza un óptimo rendimiento del proceso con un control de temperatura estable y con optimización del consumo de vapor. Para su

investigación utilizó el diseño experimental y método cuasiexperimental con el uso de un software de simulación.

Sánchez y Torres (2019), en su tesis de Rediseño de un cocinador indirecto con capacidad de 60t/h de pescado utilizando un software de programación en la empresa fabricaciones industriales D&F E.I.R.L. La presente investigación es de diseño preexperimental por lo que no existió un control absoluto en las variables de estudio, se usó la técnica de recolección de datos mediante la observación, documentación y encuesta, se hizo uso de instrumentos de recolección de datos tales como el cuestionario y motores de búsqueda (Google académico). Se concluyó que en conjunto a la aplicación de las ecuaciones fisicomatemáticas y al software SolidWorks se podría rediseñar una cocina para lograr un cocinado continuo y transporte adecuado, eliminándose puntos muertos dentro de la máquina, generando así aumentar el área de transferencia de calor dando como resultado un menor consumo de vapor de hasta 35%. Además, se creó un código de programación en Matlab, que permitirá dimensionar cocinadores de pescado con la misma configuración geométrica para distintas capacidades.

Sandoval (2017), en su tesis Modelamiento en parámetros distribuidos y estimación de parámetros desconocidos por optimización dinámica de un secador rota-tubo de harina de pescado, de diseño no experimental – descriptivo. Se desarrolló un modelo matemático en parámetros distribuidos a partir de la formulación de los fenómenos fisicoquímicos que ocurren en el secador rotatubos de harina de pescado, logrando ser capaz de predecir el comportamiento de los principales parámetros en el tiempo y a lo largo del secador. Para su simulación del sistema dinámico no lineal formulado por ecuaciones diferenciales parciales, se ha utilizado el método de colocación ortogonal disminuyendo la carga computacional para su simulación. Se concluye que mediante el modelamiento en PROOSIS se puede saber la dinámica interna del secador, logrando tomar acciones correctivas para que la harina no sea sometida a altas temperaturas. Además, el modelo determina la dinámica T_s , X , m harina, T_v y V vaho a lo largo de todo el secador, Asimismo determina que el secado es proporcional a la velocidad transversal del vaho que es controlada por el %S dámper.

Cotrina y Chozo (2018) en su investigación, Diseño de un sistema de control de humedad para un secador rotatorio para sal en el distrito de Morrópe, se plantea evaluar el funcionamiento de los controladores lógicos programables (PLC) para implementar un sistema de control de humedad en el proceso de secado de Sal; utilizando el control PID y con ayuda del software LabVIEW logra demostrar el funcionamiento de este tipo de control automático, mejorando la calidad del producto.

Gómez (2017) en su tesis Influencia de la capacidad de evaporación en el dimensionamiento de un secador a vapor rotadiscos se plantea determinar la importancia de la capacidad de evaporación como parámetro de diseño de un secador; utilizo un diseño pre experimental, longitudinal y transeccional; se plantea un balance de masa considerando entre sus parámetros la humedad de la harina, de sus conclusiones de entiende la importancia del correcto dimensionamiento del secador para la obtención de la humedad deseada.

Para esta investigación se consideran algunos conceptos básicos, que son indispensables para el entendimiento: Proceso de secado, G. Nonhebel en su libro El secado de solidos en la industria química explica el proceso de secado como la eliminación de un líquido por conversión en vapor, en la practica la energía necesaria para evaporar el líquido es suministrada en forma de calor. La transferencia de calor se da por convección o conducción. En el secado por conducción el sólido húmedo se sitúa en un recipiente calentado externamente, que cuenta con una salida para eliminar el vapor; en el caso del secado por convección, el gas caliente se sopla sobre la superficie del solido húmedo proporcionando los dos efectos, entregar calor y eliminar el vapor formado. En un secador por conducción la velocidad de secado va reduciéndose a medida que el sólido va secándose.

Sistema de Control, García (1999) en su libro lo define como el dispositivo encargado de realizar el control coordinado de las distintas operaciones encaminadas a mantener la parte operativa bajo un determinado funcionamiento preestablecido en las especificaciones de diseño (p.21). Creus (2010) por su parte indica que el sistema de control que permite el mantenimiento de las variables es aquel que compara el valor de la variable (parámetro de proceso), o condición a

controlar, con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto (p.1). Todo sistema de control está formado por uno o varios sensores, controlador y el elemento(s) final de control (actuador); el sensor es aquel que va conectado directamente al proceso y mide la variable deseada (presión, nivel, humedad, etc.); el controlador se encarga de recibir la variable medida y compararla con un valor de referencia (set point), seguidamente mediante acciones de control reduce el error existente entre el set point y el valor de proceso medido, la complejidad del controlador depende del tipo de proceso a automatizar, hoy en día existente el PLC (Controlador lógico programable) que es capaz de manejar una gran cantidad de lazos de control de manera simultánea; el elemento final de control (actuador) recibe la orden del controlador para manipular la variable de proceso en función del error existente, estos elementos final de control pueden ser válvula, compuertas, variadores de velocidad, cilindros neumáticos, etc.

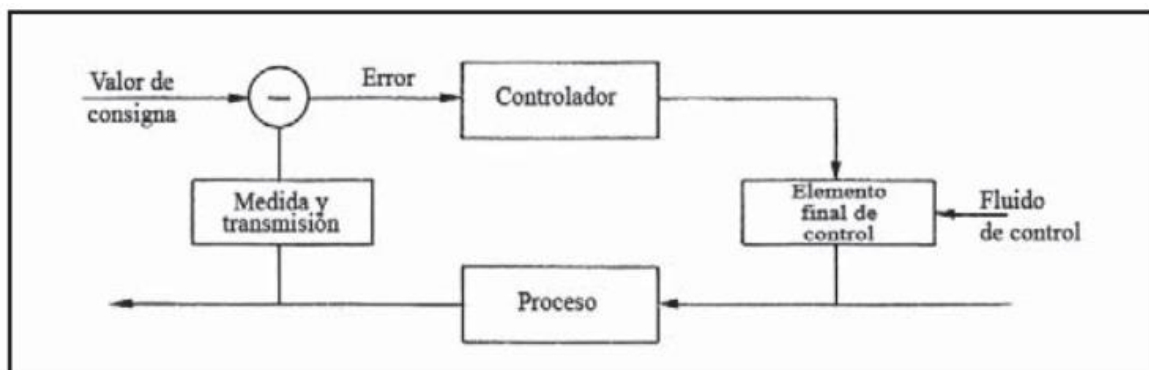


Figura 1: Diagrama de bloques de un sistema de control
Fuente: Creus (2010), pagina 29.

Existentes diversos tipos de control, pero el más eficiente según Creus (2010), es el control PID (proporcional + integral + derivativo); en el control proporcional existe un relación lineal entre la variable controlada y la posición del elemento final de control; el control PID es un controlador que une las tres acciones, la acción proporcional cambia la posición de actuador proporcionalmente a la desviación de la variable, la acción integral mueve al actuador a una velocidad proporcional a la desviación respecto al set point, es decir va sumando áreas de error entre el set point y el valor de la variable; y la acción derivativa anticipa a posición resultante de la acción proporcional. (p.507-515)

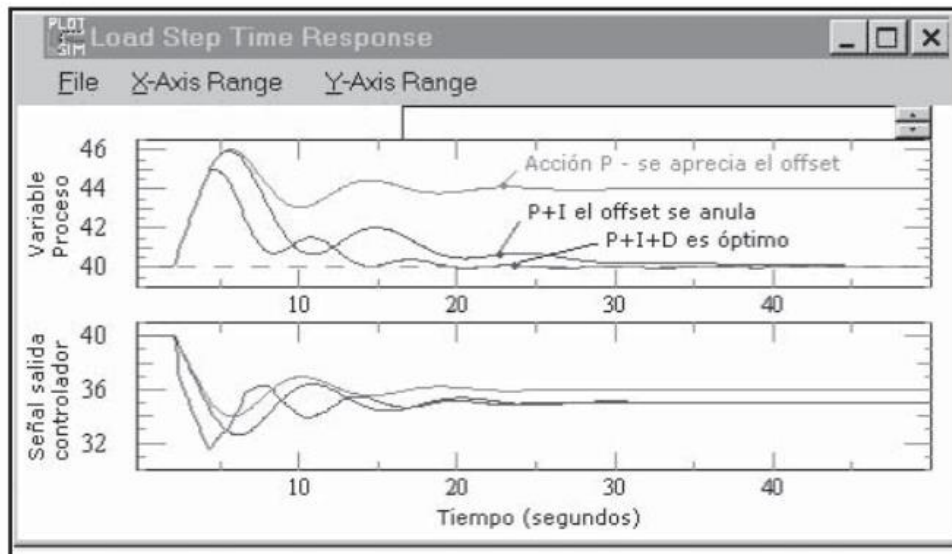


Figura 2: Curvas de comparación entre control P, PI y PID
Fuente: Creus (2010), pagina 515.

Para la medición de los parámetros de proceso (presión, caudal, nivel, temperatura, humedad, etc.), Creus (2010) nos indica que existen diversos instrumentos, los cuales se pueden clasificar en dos grupos; en función del instrumento y en función de la variable de proceso. En función del instrumento tenemos los instrumentos ciegos, que son aquellos que no cuentan con una indicación visible de la variable; los instrumentos indicadores que disponen de un índice y una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable, el indicador puede ser análogo o digital (p.22); los instrumentos utilizados actualmente cuentan con un elemento sensor que está en contacto directo con la variable de proceso, y un transmisor que recibe la señal del sensor y la convierte en una señal de salida analógica que puede ser de tensión 0...10 V o de corriente de 0/4...20mA. En función de la variable de proceso los instrumentos pueden ser de caudal, conductividad, pH, posición, fuerza, turbidez, nivel, humedad, temperatura, etc., esta clasificación corresponde únicamente al tipo de señal que mide, siendo independiente del sistema que utilicé para la conversión de la señal, por ejemplo para la medición de nivel normalmente se utiliza un sensor-transmisor de presión hidrostática, sin embargo este instrumento recibe el nombre de transmisor de nivel, ya que se utiliza para esta variable. (p.26).

Codificación de instrumentos, Creus (2010) nos dice que para representar los instrumentos de medición y control existen diversas normas, cuyo uso puede variar de una industria a otra son embargo la más difundida corresponde a ISA (Instrument Society of America) (p.26), la norma indica que se deberá designar con letras encerradas en un círculo por ejemplo las letras PT para pressure transmitter (transmisor de presión), LI para level indicator (indicador de nivel), LIT level indicator transmiiter (transmisor indicador de nivel), etc. Las diversas combinaciones se indican en la siguiente figura:

PRIMERA LETRA (4)		LETRAS SUCESIVAS (3)			
	Variable medida o inicial	Letra de modificación	Lectura o función de lectura pasiva	Función de salida	Letra de modificación
A	Análisis(5, 19)		Alarma		
B	Quemador, combustión		Libre(1)	Libre(1)	Libre(1)
C	Libre (1)			Control (1,3)	
D	Libre (1)	Diferencial (4)			
E	Tensión (f.e.m.)		Sensor (Elemento primario)		
F	Caudal	Relación (4)			
G	Libre (1)		Vidrio, Dispositivo visión (9)		
H	Manual				Alto (7,15,16)
I	Corriente (eléctrica)		Indicar (10)		
J	Potencia	Exploración (7)			
K	Tiempo, programación tiempo	Variación de tiempo (4,21)		Estación de control (22)	
L	Nivel		Luz (11)		Bajo (7,15,16)
M	Libre (1)	Momentáneo (4)			Medio, Intermedio (7,15)
N	Libre (1)		Libre (1)	Libre (1)	Libre (1)
O	Libre (1)		Orificio, Restricción		
P	Presión, Vacío		Punto (Ensayo) Conexión		
Q	Cantidad	Integrar, Totalizar (4)			
R	Radiación		Registro (17)		
S	Velocidad, Frecuencia	Seguridad (8)		Interruptor (13)	
T	Temperatura			Transmisión (18)	
U	Multivariable (6)		Multifunción (12)	Multifunción (12)	Multifunción (12)
V	Vibración, Análisis mecánico (19)			Válvula, Regulador tiro, Persiana (13)	
W	Peso, fuerza		Vaina, Sonda		
X	Sin clasificar (2)	Eje X	Sin clasificar (2)	Sin clasificar (2)	Sin clasificar (2)
Y	Evento, Estado o Presencia (20)	Eje Y		Relé, Cálculo, Conversión (13,14,18)	
Z	Posición, Dimensión	Eje Z		Motor, Actuador, Elemento final de control sin clasificar	

Figura 3: Código de identificación de instrumento según ISA-S5.1-84
Fuente: Creus (2010), pagina 29.

Adauto y Portilla (2019) describe el proceso de harina de pescado a partir de la obtención de materia prima (anchoveta) hasta la operación final del producto. El proceso de recepción y almacenamiento inicia con el bombeo de agua acompañado de la materia prima proveniente de la chata (embarcación flotante), se transportan mediante tuberías submarinas hasta llegar a los desagüadores del tipo estático o rotativo, estos cumpliendo con la función de filtrar la materia prima en recorrido hasta la tolva de pesaje. Los desagüadores rotativos tienen la función de un colador permitiendo separar el agua de bombeo que es llevada al sistema de tratamiento de efluentes y la materia prima pasa a los transportadores de malla. Los transportadores de malla cuentan con paletas metálicas para transportar la materia prima hacia las tolvas de pesaje, en el transporte se extrae la cantidad de agua que no pudo ser drenado por el desagüador. La tolva de pesaje cuenta con instrumentos electrónicos de precisión permitiendo pesar la materia prima en batch. La verificación lo realizan inspectores quienes se encargan de reportar a PRODUCE el pesaje o algún evento ocurrido. Las pozas se encuentran construidas de concreto y tienen como finalidad almacenar la materia prima. La materia prima pasa por chutes y son almacenadas de acuerdo con su calidad y frescura, posteriormente con transportadores del tipo helicoidal se trasladan hasta el ingreso de bombas que impulsan el pescado hacia las cocinas. Mediante la inyección de vapor seco por la chaqueta y eje de la cocina se logra detener la actividad enzimática y microbiana. Producto de esta etapa el agua es drenado por medio del Pre strainer y derivada hacia las separadoras, inmediatamente pasa a las prensas obteniendo un keke de prensa y a partir de ese proceso se comienza a evaluar el % de humedad. El keke de prensa ingresa a un sistema de secadores cuya función es disminuir el % de humedad tomando el nombre de Scrap cumpliendo con los requerimientos para su comercialización. Previo al envasado de la harina de pescado, la harina pasa por un dosificador de antioxidante cumpliendo la función de evitar que las grasas presentes se oxiden, generando una combustión de la harina. Finalmente, la harina es envasada en sacos de 50kg (p.6).

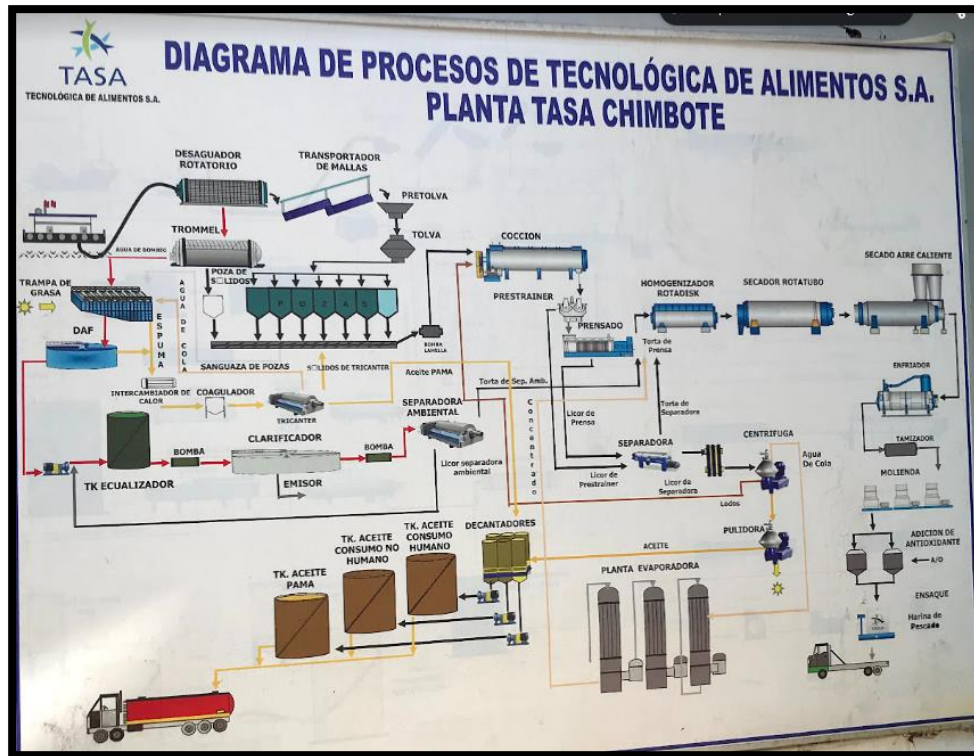


Figura 4: Diagrama de proceso de harina de pescado ,2021.
 Fuente: Pesquera Tasa - Chimbote

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

- **Aplicada** porque utilizamos nuestros conocimientos adquiridos para presentar la propuesta de mejora a su vez que reforzamos nuestras capacidades sobre el tema.

Diseño de la investigación

- **No experimental**, porque el sistema automatizado de control de humedad fue una propuesta y no se llevó a cabo, las variables fueron analizadas en un periodo de operación normal, sin alterar intencionalmente su valor.
- **Transeccional**, porque las variables fueron observadas durante un periodo de producción específico.
- **Descriptivo** las variables fueron observadas con la intención de recoger información y analizar su comportamiento.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable independiente.

Propuesta de un sistema automatizado de control de humedad.

Definición conceptual

García (1999) La automatización de un proceso industrial consiste en la incorporación al mismo de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen funcionamiento; siendo capaz de reaccionar de la manera esperada frente a situaciones previstas con el objetivo de situar al proceso y a los recursos en una situación más favorable. (p.12)

Definición operacional

El sistema automatizado de control de humedad fue propuesto a partir del comportamiento de los parámetros de operación, estos parámetros fueron determinados mediante el instrumento de cuestionario dirigido a los operadores y/o supervisores encargados de la línea de secado, también se

utilizó un formato de registro de información histórica de los parámetros de operación.

Dimensiones e indicadores

Porcentaje de humedad de ingreso, se medirá en %HUi.

Presión de vapor, se medirá en libras por pulgada (psi)

Consumo de corriente de los secadores, se medirá en amperios (A.)

3.2.2. Variable dependiente.

Optimización de la línea de secado de harina de pescado.

Definición conceptual

G. Nonhebel nos comenta que, aunque en la fabricación de productos, el capital y el costo operativo de los secadores solo representan una pequeña parte del costo total, el buen funcionamiento de un secador resulta de gran importancia porque puede afectar a las especificaciones del producto terminado desde el punto de vista comercial. (p.4)

Definición operacional

La optimización de la línea de secado se determinó por el porcentaje de humedad que se obtendría a la salida con el sistema propuesto. Los registros históricos del % de humedad a la salida de la línea serán recogidos mediante un formato de registro.

Dimensiones e indicadores

Porcentaje de humedad en la salida, se medirá en %HUs

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Fidias (1997), define a la población como el conjunto de elementos que poseen características comunes para los cuales corresponden las conclusiones de la investigación (p81).

Según la definición, la presente investigación tendrá como población 1 línea de secado típica de una planta de producción de harina de pescado.

- **Criterios de inclusión:**
Línea de secado de harina prime.
Debe contar con secadores indirectos.
Los secadores deben usar vapor como combustible.
- **Criterios de exclusión**
Línea de secado de harina residual.
Líneas de secado con equipos inoperativos.

Muestra

Según Fidias (1997) la muestra representativa es la que tiene un tamaño y características similares al conjunto, permite generalizar los resultados a la población (p83).

En este trabajo se establece que la muestra será 1, ya que corresponde al valor de la población de estudio.

Muestreo

Para esta investigación la muestra es igual a la población (1 und), por lo que no se requiere aplicar ninguna técnica de muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se utilizó la técnica de la entrevista, con los instrumentos: cuestionario y formato de registro de información histórica.

También se utilizó la técnica de observación para identificar los equipos, partes y/o dispositivos que forman parte de la línea de secado.

3.5. Procedimientos

Inicialmente se realizó la visita guiada a una planta de producción de harina de pescado, el operador de turno nos indicó paso a paso en que consiste la línea de secado comentado brevemente el funcionamiento y características de cada uno de los elementos que la componen. Durante el recorrido se llenó el cuestionario previamente elaborado; para la recolección de información histórica nos contactamos con los supervisores de planta, indicándoles que la información solicitada será de modo referencial para a propuesta de un sistema automatizado de control de humedad.

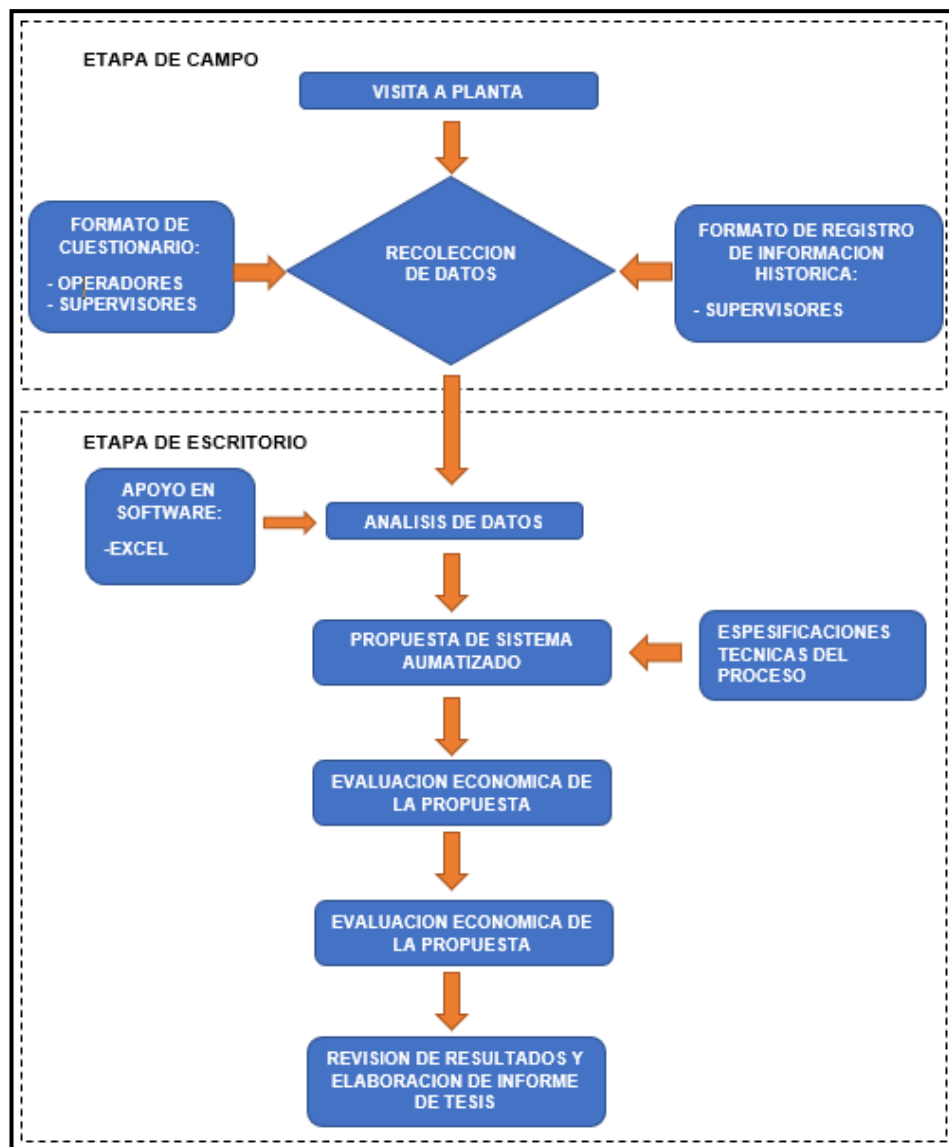


Figura 5: Diagrama de bloques del proceso de esta investigación
Fuente: *Elaboración propia*

3.6. Método de análisis de datos

La infraestructura de la línea de secado fue descrita apoyándose en investigaciones referenciales.

Los parámetros del proceso, de entrada y salida fueron tabulados con el software Excel, se elaboraron graficas que describieron su comportamiento durante un periodo de tiempo. Este comportamiento fue utilizado para elaborar la propuesta del sistema de control automático.

3.7. Aspectos éticos

Toda información utilizada como referencia, libros, investigaciones previas, artículos, etc. fueron correctamente citados para evitar cualquier intención de plagio.

La información recolectada del proceso al ser de carácter confidencial fue cuidadosamente manipulada, por lo que en la presente investigación no se nombra la fuente de donde procede.

Los datos que aquí se indican son reales y fueron obtenidos de la entrevista presencial con el personal de planta, en tal sentido su validez obedece a los aspectos éticos de cada entrevistado.

IV. RESULTADOS

Partes y equipos que conforman la línea de secado de harina, son:

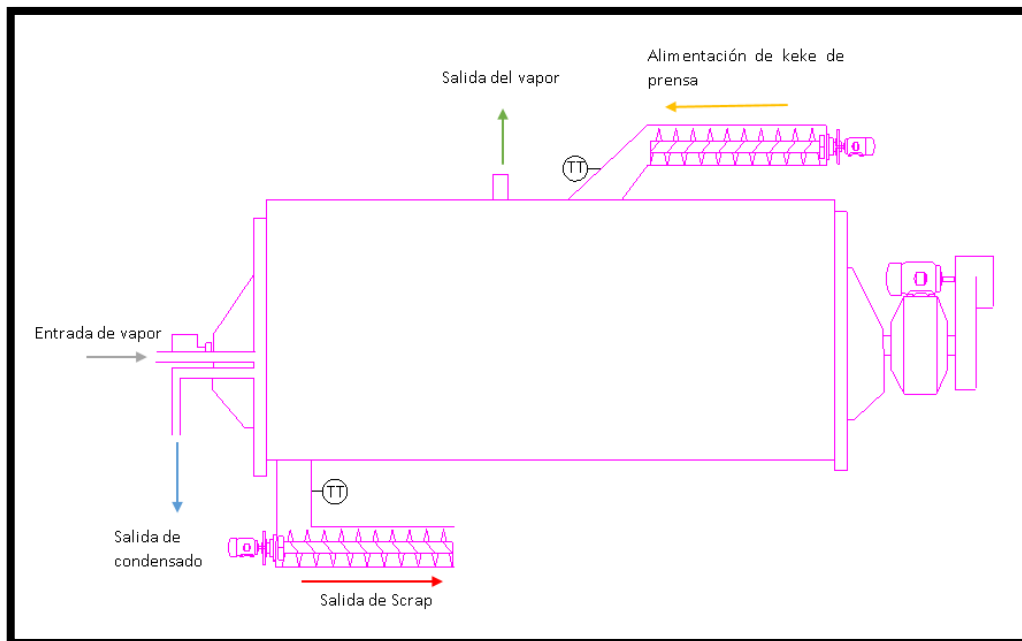


Figura 6: Plano P&ID de secador rotadisco
Fuente: Elaboración propia

Secador Rotadiscos: se considera como la primera etapa de secado; en la cual se homogeniza el producto proveniente de la prensa para evitar que se pegue en los tubos del secador rotatubos. En este proceso se disminuye el 15% aproximadamente de humedad proveniente de las prensas. Los operadores monitorean la temperatura de ingreso y salida del rotadiscos por medio de 02 sensores de temperatura (PT100). El secador rotadiscos contiene una chaqueta de cuerpo cilindro, internamente se encuentran los discos calentando. La chaqueta envuelve al casco interno permitiendo mantener caliente la carcasa del casco.

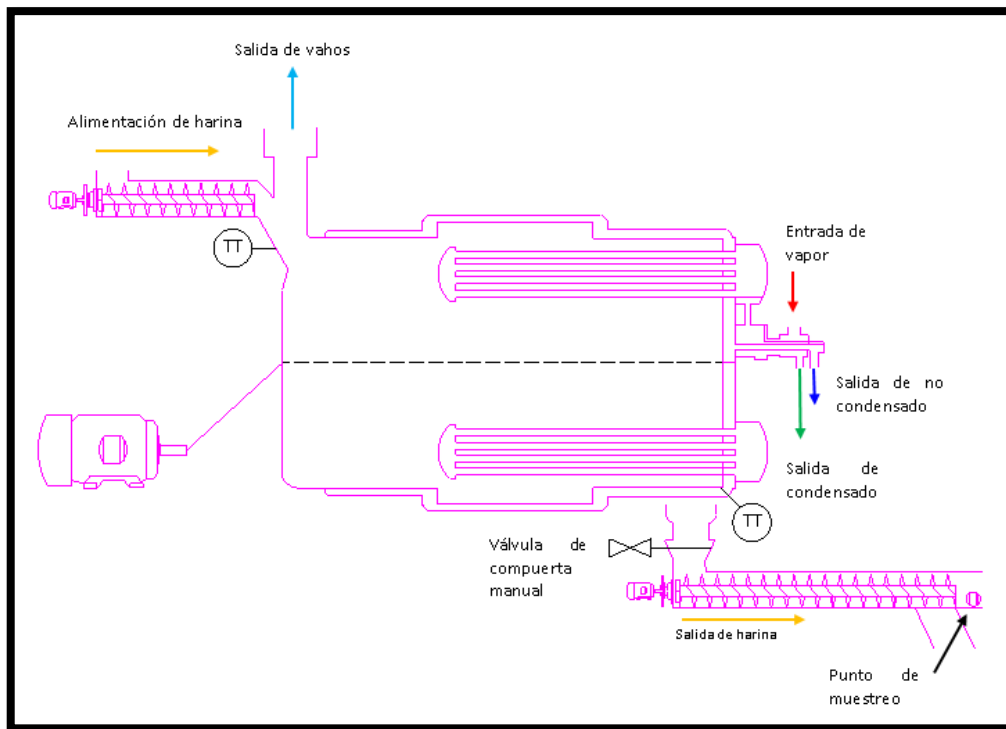


Figura 7: Plano P&ID de secador rotatubos (Elaboración propia)
Fuente: *Elaboración propia*

Secador Rotatubos: El Scrap proveniente del secador rotadiscos es trasladado mediante un transportador helicoidal, ingresando así al secador rotatubos, teniendo un tiempo de residencia de 20 a 30 min dependiendo del porcentaje de humedad en la que se encuentre.

El secador rotatubos incorpora en su interior un arreglo de tubos y una chaqueta calefaccionada en el cual circula vapor saturado teniendo una gran área de transferencia de calor, luego se condensa y fluye por gravedad.

La temperatura del secador rotatubos es monitoreada por los operadores al ingreso y salida mediante sensores resistivos (PT100). La extracción del Scrap se hace mediante la apertura de una válvula de compuerta y posteriormente descarga en un colector helicoidal. Los vahos son expulsados por el lado de ingreso de la harina mediante unos ventiladores axiales hacia la PAC.

En la salida del colector helicoidal se encuentra un punto de muestreo, el cual permite a personal de calidad tomar muestra para poder analizarlo en el laboratorio.

Parámetros de control de humedad

Se identificó las principales magnitudes físicas de entrada y salida que intervienen en el proceso de secado de harina, que a continuación detallamos:

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENTREVISTA; durante la visita realizada a una planta de producción de harina de pescado se realizó la entrevista al personal que trabaja en la línea de secado, tales son operadores y supervisores; formato de entrevista en anexo 4.

Tabla 1: Humedad a la entrada del secador rotadisco

Entrevistado	Respuesta
Operador 1	<55%
Operador 2	50 - 55%
Supervisor	<55 %

Fuente: elaboración propia

Se obtuvo que la humedad en el punto inicial de la línea de secado oscila entre 50 a 55%; los tres entrevistados indican que la humedad en este punto no debe sobre pasar de 55%.

Tabla 2: Humedad en la entrada del secador rotatubos

Entrevistado	Respuesta
Operador 1	<45%
Operador 2	35 - 45%
Supervisor	<45 %

Fuente: elaboración propia

De las respuestas se pudo establecer el rango de humedad en este punto de control entre 35 – 45%, así mismo se fijó el valor máximo en 45%. Aunque uno de los operadores indicó el valor mínimo de 35%, este resultaría irrelevante siempre que la humedad este por debajo del 45%.

Tabla 3: Humedad en la salida de la línea de secado

Entrevistado	Respuesta
Operador 1	14 - 16 %
Operador 2	10 - 16 %
Supervisor	<16 %

Fuente: elaboración propia

Para que el proceso de secado se considere óptimo en este punto de control el valor de humedad debe estar entre 10 y 16%, para establecer este rango se tomó el valor mínimo y máximo, de las respuestas obtenidas.

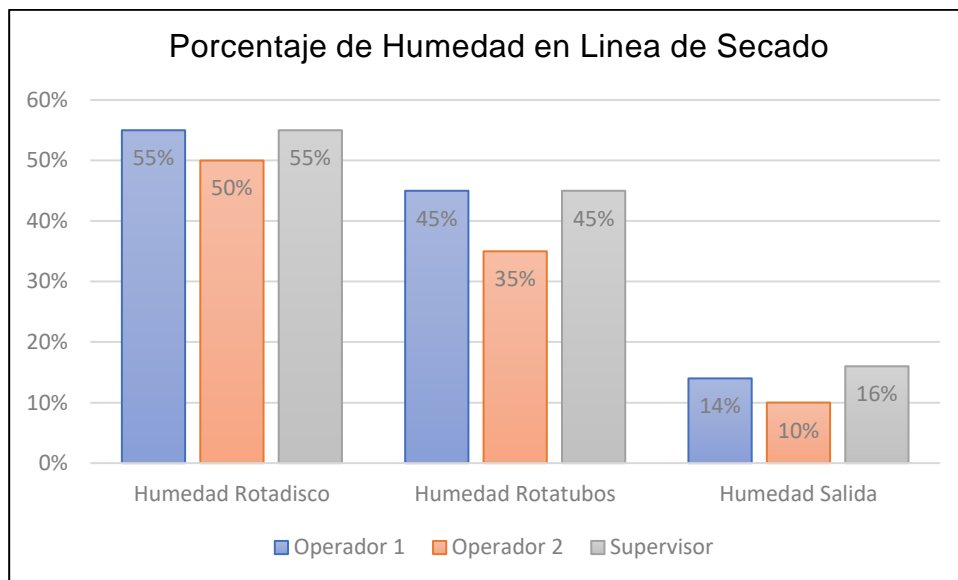


Figura 8: Valores de humedad en 3 puntos de control en la línea de secado

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se muestra el comportamiento de la humedad en la línea de secado, se aprecia que la reducción más significativa de humedad se realiza en el secador rotatubos, sin embargo, para asegurar el valor de salida se deben respetar los rangos establecidos.

Tabla 4: Presión de vapor secador rotadisco

Entrevistado	Respuesta
Operador 1	80 - 90 psi
Operador 2	80 - 90 psi
Supervisor	80 - 90 psi

Fuente: elaboración propia

La presión de vapor para el secador rotadisco tiene como valor mínimo y máximo 80 y 90 psi respectivamente, para este caso los 3 entrevistados concuerdan en sus respuestas, se interpreta como un parámetro estandarizado.

Tabla 5: Presión de vapor secador rotatubos

Operador 1	< 90 psi
Operador 2	90 - 100 psi
Supervisor	90 - 100 psi

Fuente: elaboración propia

Para este caso se registró una leve contradicción, el operador 1 indica un valor máximo de 90 psi, sin embargo, los 2 entrevistados restantes concuerdan en sus respuestas, por consiguiente, para esta investigación establecimos el rango de valores entre 90 y 100 psi.

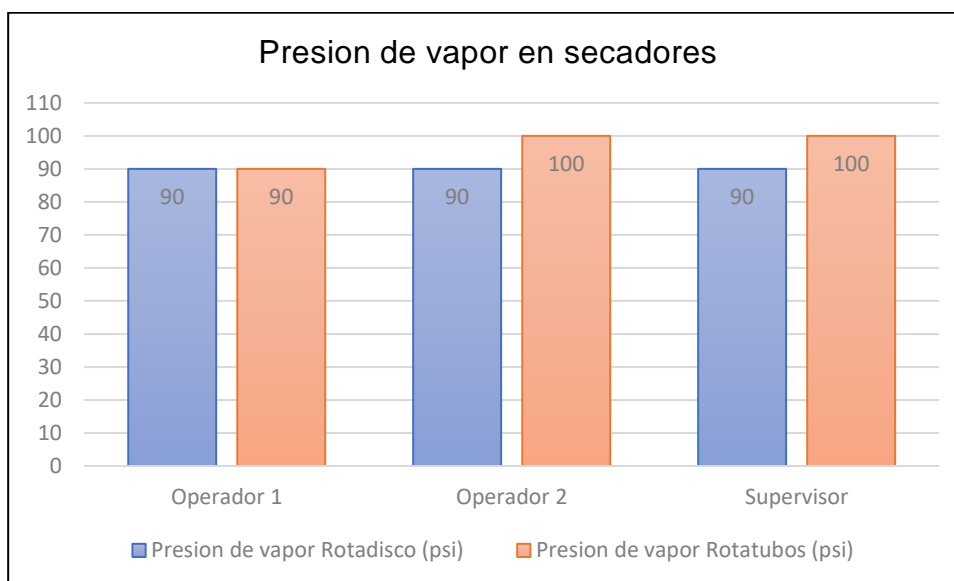


Figura 9: Valores de presión de vapor en secadores.

Fuente: *Elaboración propia*

De la figura 9 se puede visualizar los rangos de presión de vapor para cada secador, 90 psi para el rotadisco y 90 a 100 psi para el secador rotatubos. Como comentario adicional los operadores indicaron que el parámetro presión se regula al inicio de la operación y pocas veces es manipulado.

Tabla 6: Consumo de corriente secador rotadisco

Entrevistado	Respuesta
Operador 1	200 - 230 A
Operador 2	200 - 230 A
Supervisor	200 - 230 A

Fuente: elaboración propia

El consumo de corriente del motor eléctrico del secador rotadisco es una referencia empírica para estimar el flujo masico de harina en el secador, los operadores ajustan este parámetro para reducir o aumentar el tiempo de secado de la harina, el valor mínimo es de 200 A y 230 A como máximo.

Tabla 7: Consumo de corriente secador rotatubos

Entrevistado	Respuesta
Operador 1	100 - 115 A
Operador 2	100 - 115 A
Supervisor	100 - 120 A

Fuente: elaboración propia

De manera similar que en el secador rotadisco en este punto el valor mínimo de corriente es de 100 A y el máximo esta entre 115 y 120 A. Sin embargo, se entiende que el valor máximo de 120 A es un dato teórico manejado por el supervisor pero que los operadores no manejan en la práctica.

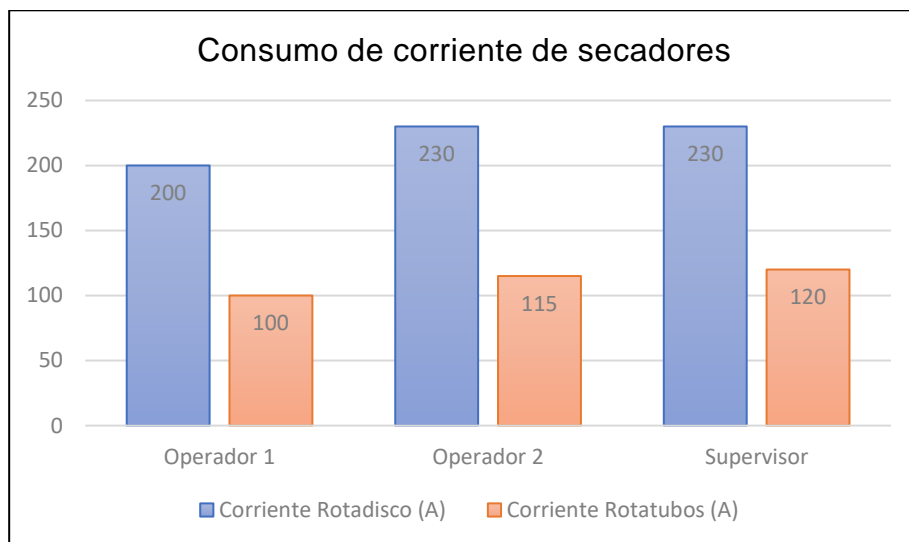


Figura 10: Valores de consumo de corriente en secadores
Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se aprecia los valores de corriente del secador rotadisco entre 200 y 230 A; y el secador rotatubos entre 100 y 120 A. esto podría interpretarse como menor cantidad de masa de harina en el secador rotatubos, sin embargo, como se mencionó inicialmente la referencia de corriente es una estimación empírica que depende de la masa de harina y del % de humedad con que esta ingresa, así mismo está relacionada con las características constructivas del secador.

Tabla 8: Parámetros de entrada de proceso de secado, aplica a ambos secadores

PARÁMETRO	UNIDAD
HUMEDAD DE ENTRADA	%HUi
PRESIÓN DE VAPOR	psi
CORRIENTE DE SECADOR	A.

Fuente: elaboración propia

De la entrevista se estableció que los parámetros de control más importantes de entrada (se refiere a los que son manipulables por el operador), son los que se indican en la tabla 8. Se entiende que la manipulación de estos parámetros afectara al porcentaje de humedad en la salida del equipo.

Tabla 9: Parámetros de salida de proceso de secado, aplica a ambos secadores

PARÁMETRO	UNIDAD
HUMEDAD DE SALIDA	%HUi
TEMPERATURA	°C

Fuente: elaboración propia

La variación de los parámetros de entrada de los secadores, regulan el porcentaje de humedad en la salida de los secadores, siendo la humedad la que determina el funcionamiento óptimo del proceso. El parámetro temperatura se considera de salida porque su valor depende de la presión de vapor sin embargo no existe una relación directa con el %de humedad.

Rango de operación de parámetros de control

Para la presente investigación se analizaron 138 mediciones realizadas por el área de control de calidad de una planta de producción de harina de pescado correspondientes a la temporada 2021 – I, mes de mayo (Anexo 6):

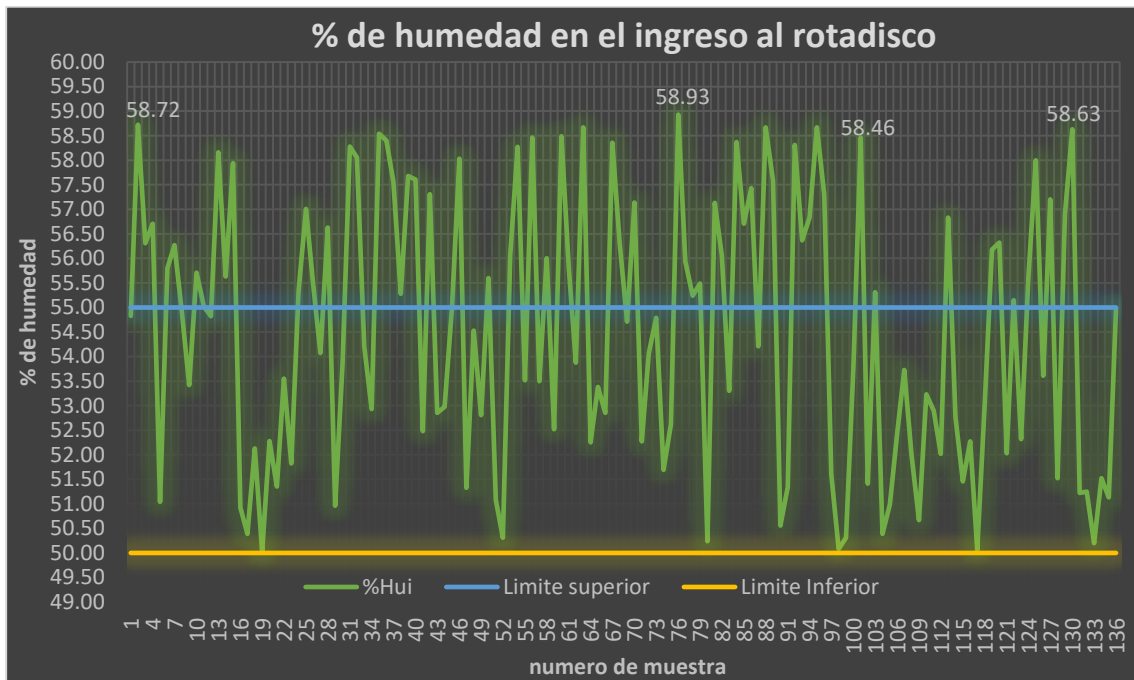


Figura 11: Representa una comparación entre el % de humedad al ingreso de rotadisco con los límites de operación establecidos para este parámetro.

Fuente: Elaboración propia

Humedad de Ingreso al secador rotadisco; la humedad en este punto resulta de mucha importancia para realizar una estimación de la humedad final del producto; esto es debido a la capacidad de evaporación de los secadores, es decir, si el porcentaje de humedad en este punto excede la capacidad de diseño del secador rotadisco, resultara imposible entregarle a la siguiente etapa del proceso el rango de humedad requerido para que el proceso se considere optimo.

En la figura 5 se indicó el rango de humedad óptimo para el primer punto de control (secador rotadisco); este es de 50 a 55%. En la figura 11 se visualiza el comportamiento de la humedad (líneas verdes) durante un periodo regular de producción, las líneas en color amarillo y celeste representan el valor límite inferior y superior respectivamente; el rango de humedad excede el límite máximo establecido llegando hasta 58.93%.

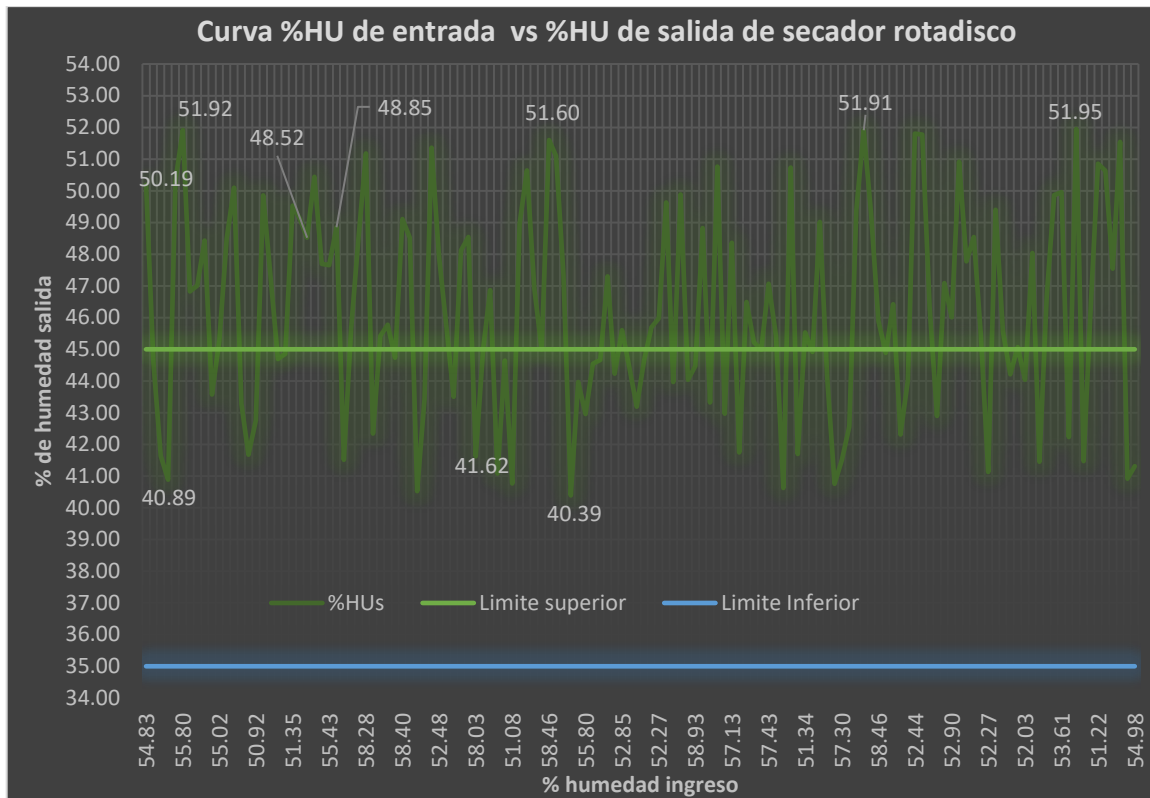


Figura 12: Representación del comportamiento entre el %humedad de entrada con él % de humedad de la salida del secador rotadisco, incluye los limites mínimo y máximo de operación de este parámetro.
Fuente: Elaboración propia

Comparación entre humedad de ingreso y salida en secador rotadisco; en la figura 12, podemos ver que la humedad de ingreso no guarda ninguna relación directa o inversamente proporcional al porcentaje de humedad de salida, es decir para una humedad de ingreso de 54.83% se tiene una salida de 50.19% y en otro instante con un ingreso de 55.43% se logra 48.85% en la salida. Esto nos indica que existe otro parámetro que considerar para lograr el objetivo deseado.

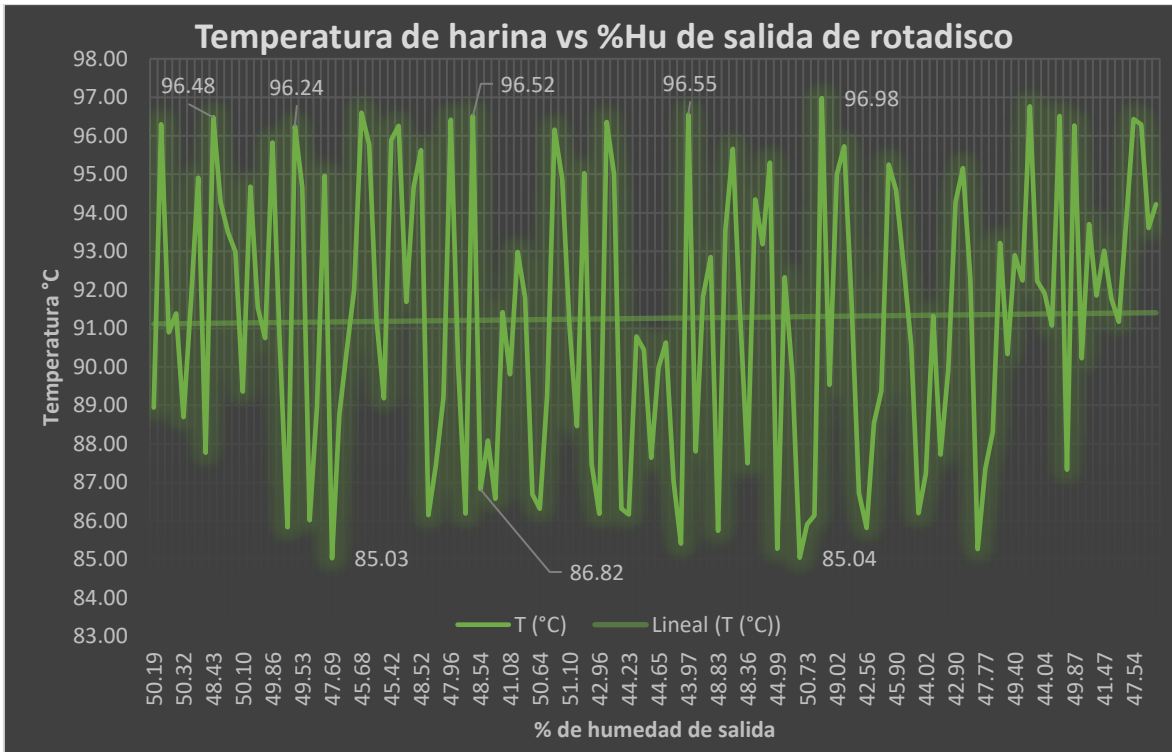


Figura 13: Temperatura de harina respecto de la humedad de salida en el secador rotadisco
 Fuente: *Elaboración propia*

Humedad de salida y temperatura de harina en el secador rotadisco; en la figura 13 realizamos una comparación entre el porcentaje de humedad y temperatura de harina en la salida del secador rotadisco; se aprecia un rango de operación entre 85.03 y 96.98 °C, con una linealidad hacia los 91°C, así mismo no se observa ninguna relación entre la temperatura y humedad; se tiene por ejemplo en un caso harina con 43.97% de humedad a 93.57°C, también 51.54% a 96.29°C, 50.76% a 95.66°C, entre otros; esto indica que puede haber harina con porcentaje de humedad y temperatura.

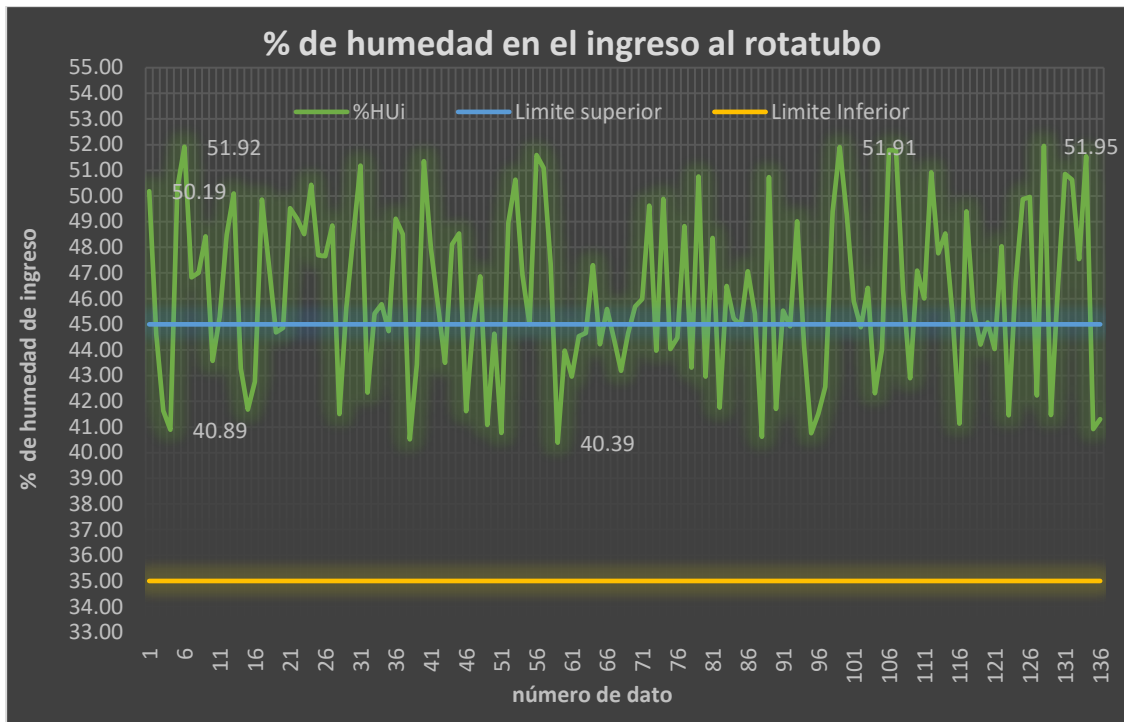


Figura 14: Representa una comparación entre el % de humedad al ingreso de rotatubo con los límites de operación establecidos para este parámetro.

Fuente: Elaboración propia

Humedad de ingreso al secador rotatubo; la humedad que ingresa a este secador es la misma que sale del secador rotadisco, ya que ambos secadores se encuentran uno a continuación del otro unidos por un transportador helicoidal, en este punto se toma la muestra para el registro de control de calidad. En la figura 5 se indicó el rango de humedad óptimo para este punto de control (ingreso a secador rotatubo); el cual debe ser entre 35 a 45%. En la figura 14 se visualiza el comportamiento de la humedad (líneas verdes) durante un periodo regular de producción, las líneas en color amarillo y celeste representan el valor límite inferior y superior respectivamente; el rango de humedad excede el límite máximo establecido llegando hasta 51.95%, así también se aprecia una gran dispersión de los datos, el análisis de esta dispersión se evaluará más adelante.

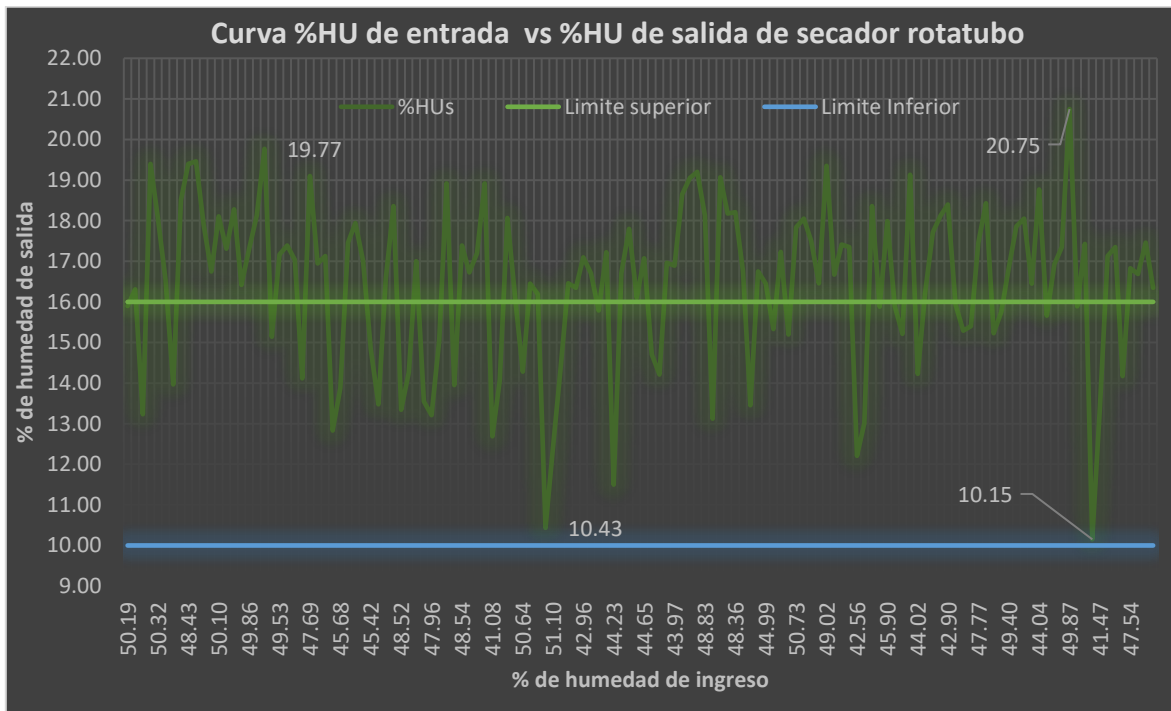


Figura 15: Representación del comportamiento entre el %humedad de entrada con él % de humedad de la salida del secador rotatubo, incluye los limites mínimo y máximo de operación de este parámetro.

Fuente: *Elaboración propia*

Comparación entre humedad de ingreso y salida en secador rotatubo; de manera similar que el secador rotadisco, en la figura 15 no se aprecia ninguna relación entre el porcentaje de humedad de ingreso y salida; tenemos que en determinado tiempo se tiene 44.69% de humedad de ingreso con 19.77% de salida y en otro tiempo 51.95% de entrada con 10.15% de salida.

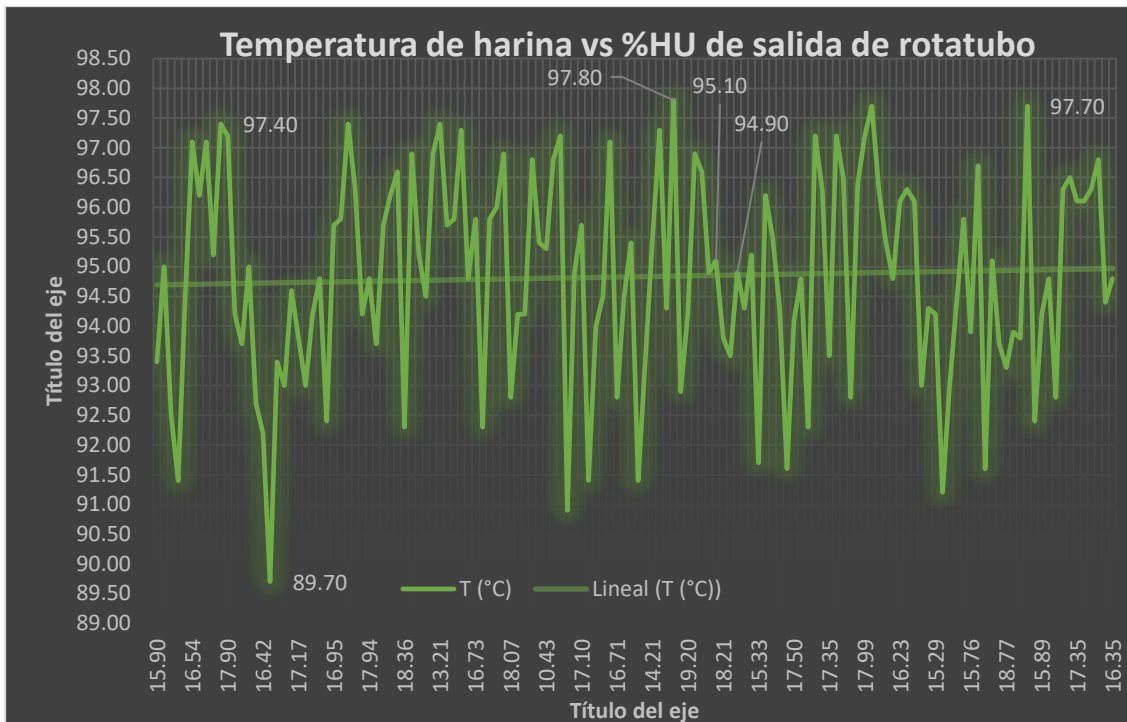


Figura 16: Temperatura de harina respecto de la humedad de salida en el secador rotatubo

Fuente: Elaboración propia

Humedad de salida y temperatura de harina en el secador rotatubo; en la figura 16 se tiene un rango de operación que varía entre 89.70 °C y 97.80 °C y también observamos que no existe relación entre la temperatura de la harina y la humedad final.

Presión de vapor y consumo de corriente

De la figura 9 se tiene que la presión de vapor está en el rango de 90 a 100 psi, para el secador rotadisco y rotatubo, según los datos recogidos de planta a través de la entrevista al personal operativo, se tiene que durante todo proceso se busca mantener la presión de vapor en un valor fijo para asegurar un flujo de transferencia de calor. Debido a esto en esta investigación se asume un flujo de calor constante por lo que la presión es un parámetro irrelevante para el cálculo de la humedad de salida, y se utilizara la capacidad de evaporación (dato técnico del secador). En cuanto al consumo de corriente, se utiliza como referencia para estimar la cantidad de carga que cruza el secador, es decir a mayor carga en el secador mayor será el consumo de corriente, este dato está relacionado con el

diseño de secador, es decir para secadores de 6 Tn/h de capacidad el rango de corriente de trabajo será inferior a un secador de 10 Tn/h.

Sistema automatizado de control de humedad

Elección de puntos de medición y control, en el secador Rotadisco se tiene los siguientes puntos de medición:

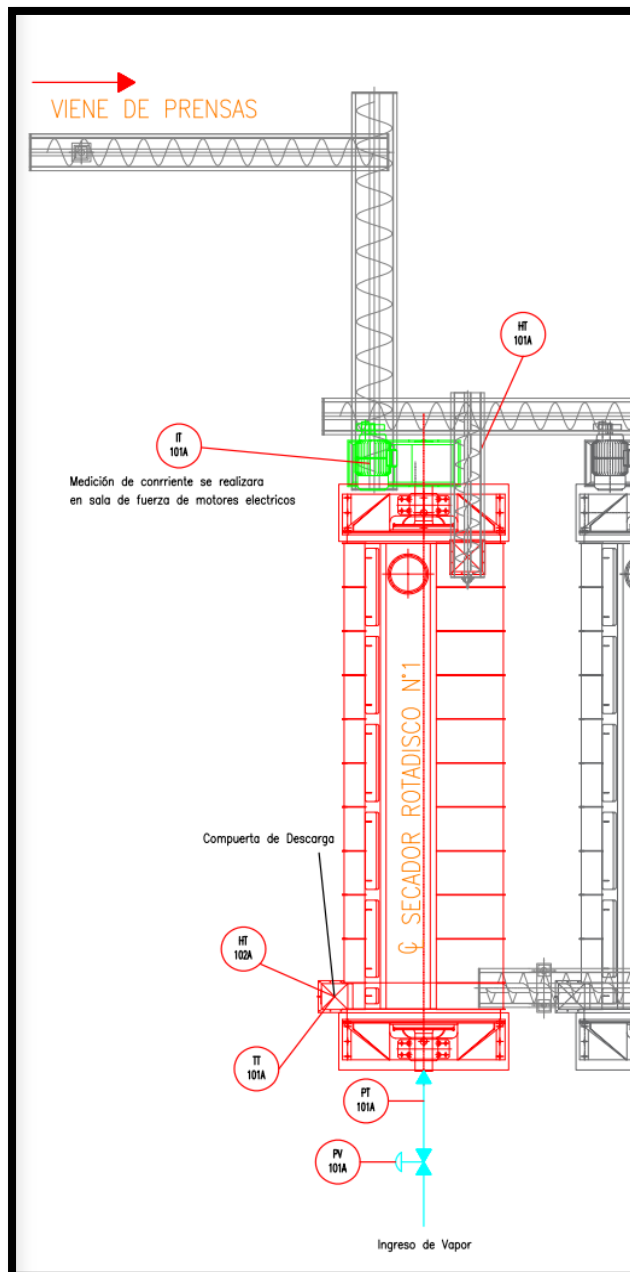


Figura 17: Puntos de medición y control secador rotadisco – ver anexo 8

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se representa el diagrama de la primera etapa de la línea de secado (secadores rotadisco), con los puntos de medición y control considerados para la presente propuesta.

- Consumo de corriente del motor principal; este parámetro sirve como referencia para calcular de manera indirecta el volumen de harina dentro del secador, se mide la corriente que circula por el cable de fuerza del motor y se ubica dentro de la sala de fuerza.
- Temperatura de harina, este parámetro es medido en la descarga del secador antes de ingresar al transportador colector, su valor está relacionado con la presión de vapor y tiempo de permanencia de la harina dentro del secador.
- Presión de vapor de ingreso a secador.
- Humedad de harina de ingreso o humedad de queque integral, este parámetro indica el porcentaje de humedad de la harina de pescado proveniente desde las prensas y es medido mediante muestreo por el área de control de calidad.
- Humedad de harina de salida de secador rotadisco, este punto de control indica el porcentaje de harina a su salida del secador, también es considerado como humedad de ingreso al secador rotatubo; al igual que el caso anterior es medido por el área de control de calidad mediante muestreo.
- Válvula de regulación de presión de vapor, esta es una válvula que aguja que regula presión de vapor proveniente de las calderas; se ubica a la entrada del secador; la presión debe operar entre 80 y 90 PSI, sin embargo, se tendrá en consideración que la temperatura de harina no sobre pase los 90°C.
- Compuerta de descarga de harina a la salida del secador, esta compuerta reduce o aumenta el volumen de harina dentro del secador, el parámetro controlado es la corriente del motor principal, es decir si la compuerta se cierra el volumen de harina aumentara y por consiguiente también la corriente del motor.

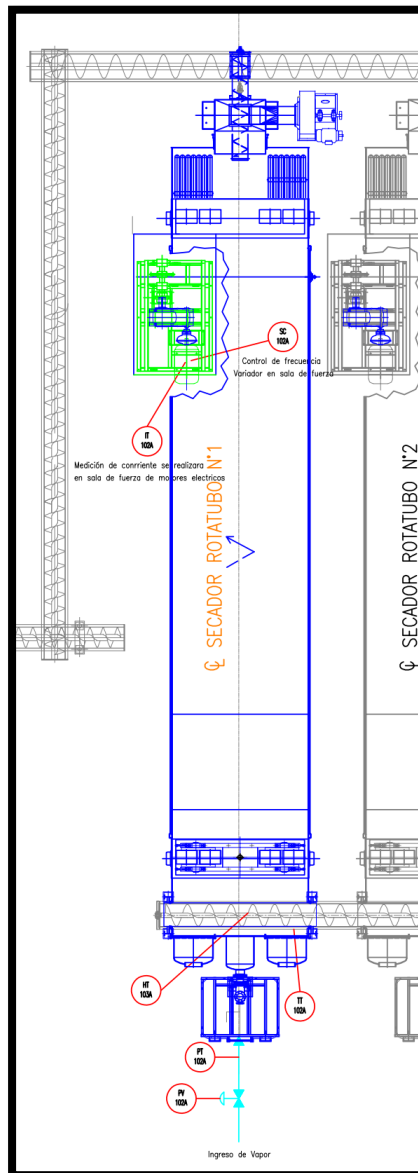


Figura 18: Puntos de medición y control secadores rotatubo – ver Anexo 8
Fuente: Elaboración propia

Los puntos de medición y control para el secador rotatubo son los siguientes:

- Consumo de corriente del motor principal; este parámetro sirve como referencia para calcular de manera indirecta el volumen de harina dentro del secador, se mide la corriente que circula por el cable de fuerza del motor y se ubica dentro de la sala de fuerza.

- Temperatura de harina, este parámetro es medido en la descarga del secador antes de ingresar al transportador colector, su valor está relacionado con la presión de vapor y tiempo de permanencia de la harina dentro del secador.
- Presión de vapor de ingreso a secador.
- Humedad de harina de ingreso al rotatubo o humedad de salida del secador rotadisco, este parámetro indica el porcentaje de humedad de la harina de pescado proveniente desde de la primera etapa del secado; es medido mediante muestreo por el área de control de calidad.
- Humedad de harina de salida de secador rotatubo, este punto de control indica el porcentaje de humedad de la harina a la salida del secador, igual que el caso anterior es medido por el área de control de calidad mediante muestreo.
- Válvula de regulación de presión de vapor, esta es una válvula que aguja que regula presión de vapor proveniente de las calderas; se ubica a la entrada del secador; la presión debe operar entre 90 y 100 PSI, sin embargo, se tiene en consideración que la temperatura de harina no debe exceder los 100 °C.
- Control de revolución por minuto del motor principal, la regulación de rpm se realiza en el variador de frecuencia; con la finalidad de aumentar o reducir el tiempo de permanencia de la harina dentro del secador.

En la figura 18 se representa el diagrama del secador rotatubos con los puntos de medición y control considerados para la presente propuesta.

Selección de componentes para el sistema automatizado de control propuesto

Selección del controlador, para la selección del controlador se determinó el número de entradas y salidas de señales requeridas para implementar el sistema propuesto; en la tabla 10 se muestra la cantidad de entradas y salidas mínimas que se requiere para la elección del controlador y sus módulos de expansión correspondientes:

Tabla 10: Entradas y salidas de señales para selección de controlador

Medición/control	Tipo	Rotatubo	Rotadisco
Temperatura	Entrada	1	1
Presión	Entrada	1	1
Corriente	Entrada	1	1
Humedad	Entrada	1	2
Compuerta de salida	Salida	-	1
RPM	Salida	1	-
Válvula de vapor	Salida	1	1

Fuente: Elaboración propia.

De la información presentada en la la tabla 10, elegimos un controlador que tenga capacidad para al menos 9 entradas y 6 salidas analógicas, según se detalla:

- 2 entradas analógicas de temperatura, tipo RTD.
- 7 entradas analógicas de corriente 4...20 mA.
- 4 salidas analógicas de corriente 4...20 mA.

SIEMENS

Diseño escalable y flexible



Expansion CPU	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Signal Module (SM)	ninguno	2	8
Communication Module (CM) o Communication Processor (CP)	3	3	3
Signal Board (SB) o Communication Board (CB)	1	1	1

Figura 19: Capacidad de expansión de controlador S7-1200
Fuente: capacitación de proveedores Siemens, archivo personal.

Tabla 11: Descripción del controlador y módulos de ampliación

Nº	Descripción	Código
01	SIMATIC S7-1200, CPU 1214 C DC/DC/DC	6ED7214-1AG40-0XB0
02	SIGNAL MODULE SM 1231 RTD, 4 AI RTD	6ES7231-5PD32-0XB0
03	SIGNAL MODULE SM 1231, 4 AI 4...20 mA	6ES7231-4HD32-0XB0
04	SIGNAL MODULE SM 1232, 4 AO 4...20 mA	6ES7232-4HD32-0XB0

Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionará un controlador (CPU) que cuente con capacidad de ampliación de al menos 3 módulos de señales. De a figura 19 se tiene que el controlador más adecuado será el tipo CPU 1214 C, que permite hasta 8 módulos de señales; los módulos de señales disponibles en el mercado se seleccionan por tipo y cantidad de entradas y/o salidas, en la tabla 11 se presenta el paquete completo de CPU y módulos de señal seleccionados para la presente propuesta:

Selección de los sensores y elementos de control

La selección de instrumentos de campo (sensores, actuadores) se realizó según los requisitos técnicos del proceso donde serán instalados, a continuación, se detalla el procedimiento para la selección:

Tabla 12: Sensores y actuadores del sistema automatizado de control de humedad

N°	Parámetro	Tipo	Descripción	Código	Obs.
1	Temperatura de harina	sensor	Sensor de temperatura tipo PT-100	TR10-H	Anexo 9
2	Presión de vapor	sensor	Transmisor de presión manométrico	APC-2000/AWL	Anexo 10
3	Corriente motor	sensor	Transformador de corriente núcleo cerrado	METSECT	Anexo 11
4	Humedad	sensor	Medidor de humedad	Humy 3000	Anexo 12
5	Reg. de presión de vapor	actuador	Válvula de control de vapor	Spirax Sarco	-
6	Reg. de flujo de harina	actuador	Compuerta neumática proporcional	VZKA-PW-C-K-V4-X-R1	-
7	Reg. de rpm	actuador	Variador de Frecuencia	ATV630C16NA	-

Fuente: Elaboración propia.

Adelante detallamos el procedimiento que utilizado para la selección de los instrumentos indicados en la tabla 12.

Sensor de temperatura:

Para medir la temperatura del proceso se tiene las siguientes especificaciones:

- Temperatura de operación: 100 °C
- Longitud de inserción: 150 mm
- Tipo: 3 hilos
- Señal de salida: 4...20 mA
- Fluido de proceso: harina de pescado, producto altamente corrosivo.
- Grado de protección: resistente a la humedad y polvo

- Exposición a golpes: alta probabilidad.

Para cumplir con los requisitos se recurrió al catálogo de la marca WIKA y se seleccionó un sensor de temperatura tipo RTD, según se detalla:

- Modelo: TR10-H – PT100
- Rango de medición: -50 ...+250 °C
- Tipo: 3 hilos (compensación de pérdida por resistencia del cable)
- Señal de salida: 4...20 mA con transmisor T32
- Grado de protección: IP66
- Construcción de bulbo; 6" (152.4 mm), Ø ¼", de acero inoxidable.
- Caja de conexiones: Aleación de aluminio con ingreso de cable de ½" NPT
- Protección mecánica: funda termo pozo de inoxidable.

Transmisor de presión

Para la medición de presión de vapor proveniente de las calderas se tiene las siguientes especificaciones:

- Temperatura de operación: 110°C
- Presión de operación: 120 psi
- Señal de salida: 4 – 20 mA (Protocolo HART)
- Flujo de proceso: vapor de calderas
- Grado de protección: resistencia a la humedad y polvo.
- Protección ante picos de presión y elevadas temperaturas: sifón metálico.

Para la selección del transmisor de presión se tuvo en cuenta los aspectos técnicos mencionados. Se seleccionó el transmisor de presión de la marca APLISENS, a continuación, se detalla las bondades del instrumento:

- Modelo: APC-2000/ALW
- Rango de temperatura de funcionamiento: -40...120°C

- Rango de medición nominal: 0-25bar (0 – 362.594psi)
- Señal de salida: 4 – 20 mA + HART
- Grado de protección: IP66
- Carcasa: Aluminio, 316SS
- Protección ante picos de presión y altas temperaturas: Sifón metálico u línea de impulso (opcional).
- Diafragma: Hastelloy C276, M20 x 1.5

Transformador de corriente núcleo cerrado – Secador Rotadiscos

Para la medición del consumo de corriente del secador rotadiscos se tienen las siguientes especificaciones:

- Potencia del motor: 200HP
- Corriente nominal: 230 A
- Diámetro de cable: 17.3mm

La selección del sensor se realizó acorde a la corriente máxima del motor, se detalla a continuación las especificaciones técnicas del instrumento seleccionado.

- Marca: Schneider
- Modelo: METSECT5CC025
- Corriente nominal: 250 A
- Corriente en el secundario: 5 A
- Relación de transformación: 250/5 A
- Tipo: Tropicalizado para cable
- Grado de protección: IP20
- Temperatura de operación: -25...60°C
- Diámetro exterior del cable: 21mm

Transformador de corriente núcleo cerrado – Secador Rotatubos

Para la medición del consumo de corriente del secador rotatubos se tienen las siguientes especificaciones:

- Potencia del motor: 100HP
- Corriente nominal: 120 A
- Diámetro de cable: 11.4mm

La selección del sensor se realizó acorde a la corriente máxima del motor, se detalla a continuación las especificaciones técnicas del instrumento seleccionado.

- Marca: Schneider
- Modelo: METSECT5CC013
- Corriente nominal: 125 A
- Corriente en el secundario: 5 A
- Relación de transformación: 125/5 A
- Tipo: Tropicalizado para cable
- Grado de protección: IP20
- Temperatura de operación: -25...60°C
- Diámetro exterior del cable: 21mm

Medidor de humedad

Para medir la humedad de la harina de pescado al ingreso y salida de los secadores se tienen las siguientes especificaciones:

- % Hui entrada del secador rotadiscos: 55%
- % Hui entrada del secador rotatubos: 45%
- % Hui salida de la línea de secado: 10%

- Temperatura de operación: 90°C
- Tipo de transportador de harina: helicoidal, metálico inoxidable.
- Fluido de proceso: harina de pescado (Scrap)

La selección del medidor de humedad se realizó acorde a las especificaciones del proceso y además se buscó un instrumento que tenga como característica primordial la medición en línea, oportuno para la propuesta de automatización de la línea de secado. A continuación, se detalla las características técnicas del medidor de humedad seleccionado.

- Marca: mutec
- Modelo: Humy 3000
- Rango de medición humedad: min. 0.02 – 0.10%, máx. 0.02 – 90.00%
- Rango de medición temperatura: 0 – 120°C
- Voltaje de alimentación: 230VAC / 115VAC o 24VAC / DC
- Salida analógica: 4-20mA con sensor de humedad
- Presión de resistencia: 6 bar
- Montaje del sensor de humedad: típico en transportador helicoidal
- Aplicaciones: harina de pescado, grano, leches en polvo, malta, lúpulo, maíz

Válvula de control de vapor

Para la correcta selección de la válvula de vapor se tienen que considerar las siguientes especificaciones de operación.

- Fluido de trabajo: vapor
- Temperatura de operación: 110°C
- Presión: 120 psi

La válvula de control se seleccionó teniendo en cuenta las condiciones de trabajo a la que está se sometería para su correcta modulación. A continuación, se detalla sus características técnicas.

- Marca: Spirax Sarco
- Modelo de válvula: 2"CL43PTC1US1 Cv35 ASME 300
- Rango de temperatura de válvula: 0 – 200°C
- Rango de presión de válvula: 0 – 250psi
- Diámetro de válvula: 4"
- Modelo de actuador: Serie PN1000 PN1520A
- Modelo de posicionador: EP5 electro neumática
- Señal de entrada: 4-20mA
- Señal de salida: 0 a 100% presión de aire suministro
- Presión de aire suministro: 1.4 bar a 6 bar
- Rango de voltaje: 5 – 24 VDC
- Cuerpo y tapa de posicionador: aluminio con pintura anticorrosiva

Compuerta neumática proporcional

Para la selección de la compuerta neumática se tiene las siguientes especificaciones de proceso.

- Temperatura de operación: 50°C
- Producto: flujo de harina de pescado

La compuerta de cuchilla neumática se seleccionó teniendo en cuenta las condiciones de trabajo a la que está se sometería para su correcta modulación. A continuación, se detalla sus características técnicas.

- Marca: FESTO
- Código: VZKA-PW-C-K-V4-X-R1
- Tipo de válvula: válvula tipo EX
- Aplicación: Control de fluidos viscosos
- Tipo de actuador: actuador lineal DLP neumático de doble efecto

- Tipo de posicionador: posicionador CMSX para actuadores lineales
- Señal de entrada: 4...20mA
- Presión de funcionamiento 3 a 8psi
- Temperatura de funcionamiento: -5...60°C
- Clase de protección: IP65

Variador de Frecuencia

Para la selección del variador de frecuencia se tienen las siguientes especificaciones de operación.

- Potencia del motor: 200 HP
- Frecuencia del sistema: 60Hz
- Carga: harina de pescado
- Tensión de servicio: 440 V

La selección del variador de frecuencia se consideró de acuerdo a los datos de la placa del motor y al tipo de carga que la misma controlará. Posteriormente se detalla las características técnicas del variador de frecuencia.

- Marca: Schneider
- Modelo: ATV630C16N4
- Tensión de alimentación: 380...480 VAC
- Frecuencia de alimentación: 50...60 Hz
- Potencia del motor: 200 HP
- Carga: Severa
- Dimensiones: 320x852x390 mm
- Peso: 82 kg
- Temperatura funcionamiento: -15...50°C

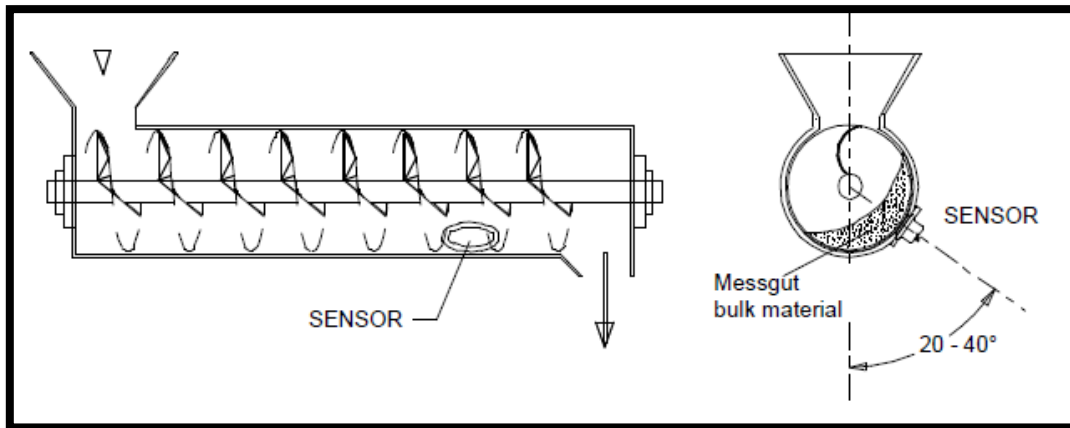


Figura 20: Montaje típico de sensor Humy – 3000

Fuente: Catalogo del fabricante – archivo personal

En la figura 20 se indica el montaje típico para el sensor de humedad Humy 3000, en la presente propuesta se consideró la instalación de los sensores de humedad en los transportadores helicoidales de alimentación y descarga de los secadores.

Otros componentes del sistema

El sistema automatizado requiere elementos adicionales, los cuales no requieren ser mencionados por su naturaleza genérica, sin embargo, si se consideran en el presupuesto de implementación que veremos más adelante, estos elementos se resumen en la siguiente lista:

- Unidad de suministro de energía (Power Source).
- Cables eléctricos.
- Sistema de canalizado de cables (bandejas eléctricas, sistema Conduit)
- Estructuras metal mecánicas de soporte.
- Sistema de puesta a tierra.
- Gabinete eléctrico, etc.

Planos y diagramas del sistema propuesto

Tabla 13: Tabla de anexos sistema automatizado de control

N°	Descripción	N° de Anexo
1	Plano de montaje mecánico de tablero	Anexo 12
2	Diagrama de conexiones de tablero de control	Anexo 13

Fuente: Elaboración propia.

El sistema automatizado propuesto se detalla en un conjunto de planos y diagramas que se incluyen en la sección anexos. A continuación, se presenta la tabla 13 donde se detalla el anexo correspondiente para cada plano y/o diagrama:

Evaluación económica para la implementación del sistema de control propuesto:

Presupuesto referencial,

Referencia	SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE HUMEDAD		
Obra	0102001	IMPLEMENTACION DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE HUMEDAD	
Localización	020101	ANCASH - SANTA - CHIMBOTE	
Fecha Al	01/12/2021		
Metrados	MANUEL IPANAQUE		
Procesado	MIGUEL PAREDES		

Presupuesto base			
001	IMPLEMENTACION DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTR		125,487.23
		(CD) S/	125,487.23
	COSTO DIRECTO		125,487.23
	GASTOS GENERALES 2.6696%		3,350.01
	UTILIDAD (10%)		12,883.72
	-----		0.00
	SUB TOTAL		141,720.96
	IGV (18%)		25,509.77
	-----		0.00
	MONTO TOTAL DEL PRESUPUESTO		167,230.73
	Descompondo del costo directo		
	MANO DE OBRA	S/	39,495.00
	MATERIALES	S/	76,124.78
	EQUIPOS	S/	1,937.45
	SUBCONTRATO:	S/	7,930.00
	Total descompondo costo directo	S/	125,487.23

Figura 21: Resumen presupuesto para implementación de sistema de control de humedad

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se presenta el resumen general de presupuesto para la implementación del sistema automatizado de control de humedad en una fábrica de producción de harina de pescado típica; el presupuesto completo se presenta en el anexo 16.

Factibilidad de la propuesta (VAN y TIR)

Para realizar la evaluación del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), primero establecimos un flujo de caja referencial, a partir de las siguientes consideraciones:

Tabla 14: Costo anual por personal de apoyo en la línea de secado de harina de pescado.

Cargo:	Ayudante línea de Secado		
Descripción	und		total
Remuneración bruta mensual	S/.		1,800.00
Remuneración bruta	año	S/.	21,600.00
Gratificación (julio y diciembre)	año	S/.	3,600.00
CTS base	año	S/.	1,800.00
Essalud (9%)	año	S/.	1,944.00
Asignación familiar (93soles/mes)	año	S/.	1,116.00
	Total	S/.	30,060.00

Fuente: Costo referencial de mercado local – elaboración propia.

- La época de producción se divide en 2 temporadas al año de aproximadamente 3.5 meses cada una; se produce 24 horas al día en turnos rotativos de 12 horas c/u; así mismo durante este periodo la empresa pesquera contrata 2 operarios de apoyo, 1 para cada turno. En la tabla 14 se presente el costo referencial promedio anual por contrato de personal de apoyo. La propuesta de sistema automatizado supone la reducción de la dependencia de mano obra por tal motivo podemos considerar que con la implementación de la propuesta se podría prescindir del personal de apoyo.
- La optimización de la línea de secado tiene como dimensión el porcentaje de humedad, por consiguiente se supone una reducción significativa de los reprocesos de harina por problemas de humedad; en la temporada 2021 una empresa pesquera reporto aproximadamente 2200 TN de harina reprocesada (esta información es referencial ya que se obtuvo de consultas informales a supervisores de planta), no obstante la harina para reproceso se genera por diferentes causas, baja o alta humedad, alta acides, bajo contenido de proteínas, entre otros; por lo tanto consideramos un 7% de reducción de harina reprocesada, este es el resultado de la optimización propuesta.

Costo Reproceso Térmico	
Insumo	Costo/TM
Petróleo	\$89.7
Envasado	\$12.7
Electricidad	\$6.4
Estiba	\$6.2
Antioxidante	\$5.8
Mano de Obra	\$3.5
Agua	\$1.0
Antisalmonélico	\$0.2
Total	\$125.4

Figura 22: Costo de reproceso por Tn de harina
Fuente: Tecnológica de Alimentos S.A.

En la figura 22 se presenta el costo por tonelada de harina reprocesada. Finalmente, la reducción de costo por reproceso anual es:

$$(2200 \text{ TN} * 7\%) * (125.4\$ * 3.59 \text{ Soles}/\$)$$

$$(154 \text{ TN}) * (450.18 \text{ Soles}) = 69\,327.72 \text{ Soles}$$

Flujo de caja:

En a tabla 15 se presenta el flujo de caja propuesto según las consideraciones antes mencionadas.

Tabla 15: Flujo de caja referencial para la propuesta de sistema automatizado

FLUJO DE CAJA PROPUESTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión inicial	S/. -125,487.2					
Mantenimiento	S/. -18,823.1	S/. -18,823.1	S/. -18,823.1	S/. -18,823.1	S/. -18,823.1	S/. -18,823.1
Ahorro en mano de obra - Ayudante		S/. 30,060.0	S/. 30,060.0	S/. 30,060.0	S/. 30,060.0	S/. 30,060.0
Ahorro por reproceso		S/. 69,327.7	S/. 69,327.7	S/. 69,327.7	S/. 69,327.7	S/. 69,327.7
Total	S/. -144,310.3	S/. 80,564.6	S/. 80,564.6	S/. 80,564.6	S/. 80,564.6	S/. 80,564.6

Fuente: Elaboración propia

- La garantía de los fabricantes de los instrumentos utilizados es de 5 años; recibiendo el mantenimiento adecuado se puede considerar a este periodo como el tiempo de vida del proyecto, la depresión para ello es del 20%.
- Las instalaciones correspondientes al sistema automatizado propuesto (cableado, sensores, actuadores, tablero, etc.) requieren mantenimiento anual para asegurar su máxima duración. Para el mantenimiento consideramos el 15% de la inversión inicial, 18 823.08 Soles.

Valor actúan neto (VAN)

Tabla 16: Calculo de valor actual neto (VAN)

Año	Fujo de caja	Depreciación (D)	(1+D) ^n	Acumulado
0	S/. -144,310.3			S/. -144,310.31
1	S/. 80,564.6	20%	1.20	S/. 67,137.20
2	S/. 80,564.6	20%	1.44	S/. 55,947.66
3	S/. 80,564.6	20%	1.73	S/. 46,623.05
4	S/. 80,564.6	20%	2.07	S/. 38,852.54
5	S/. 80,564.6	20%	2.49	S/. 32,377.12
VAN				S/. 96,627.26

Fuente: Elaboración propia.

El VAN se calculó con ayuda del software Excel, usando el flujo de caja previsto en el punto anterior; según se detalla en la tabla 1. Se tiene que el VAN es mayor que cero; según este método se establece que la inversión es viable.

Tasa interna de retorno (TIR)

Se evaluó la TIR para el flujo de caja previsto, se tiene 48%; esto indica que la implementación de la propuesta se considera rentable.

$$-144\,310.3 + \frac{80\,564.6}{(1 + TIR)^1} + \frac{80\,564.6}{(1 + TIR)^2} + \frac{80\,564.6}{(1 + TIR)^3} + \frac{80\,564.6}{(1 + TIR)^4} + \frac{80\,564.6}{(1 + TIR)^5} = 0$$

$$\mathbf{TIR = 48\%}$$

Tiempo de retorno de la inversión

Tabla 17: Tiempo de retorno de la inversión

Año	Fujo de caja	Retronó de la inversión
0	S/. -144,310.3	S/. -144,310.31
1	S/. 80,564.6	S/. -63,745.68
2	S/. 80,564.6	S/. 16,818.96
3	S/. 80,564.6	S/. 97,383.59
4	S/. 80,564.6	S/. 177,948.23
5	S/. 80,564.6	S/. 258,512.86

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17 presentamos una estimación del tiempo de retorno de la inversión; este sería de aproximadamente 2 años.

Cronograma de implementación de sistema propuesto

El cronograma referencial para la implementación del sistema de control propuesto, incluye actividades de procura de materiales, elaboración de ingeniería, montaje, configuración y pruebas de funcionamiento.

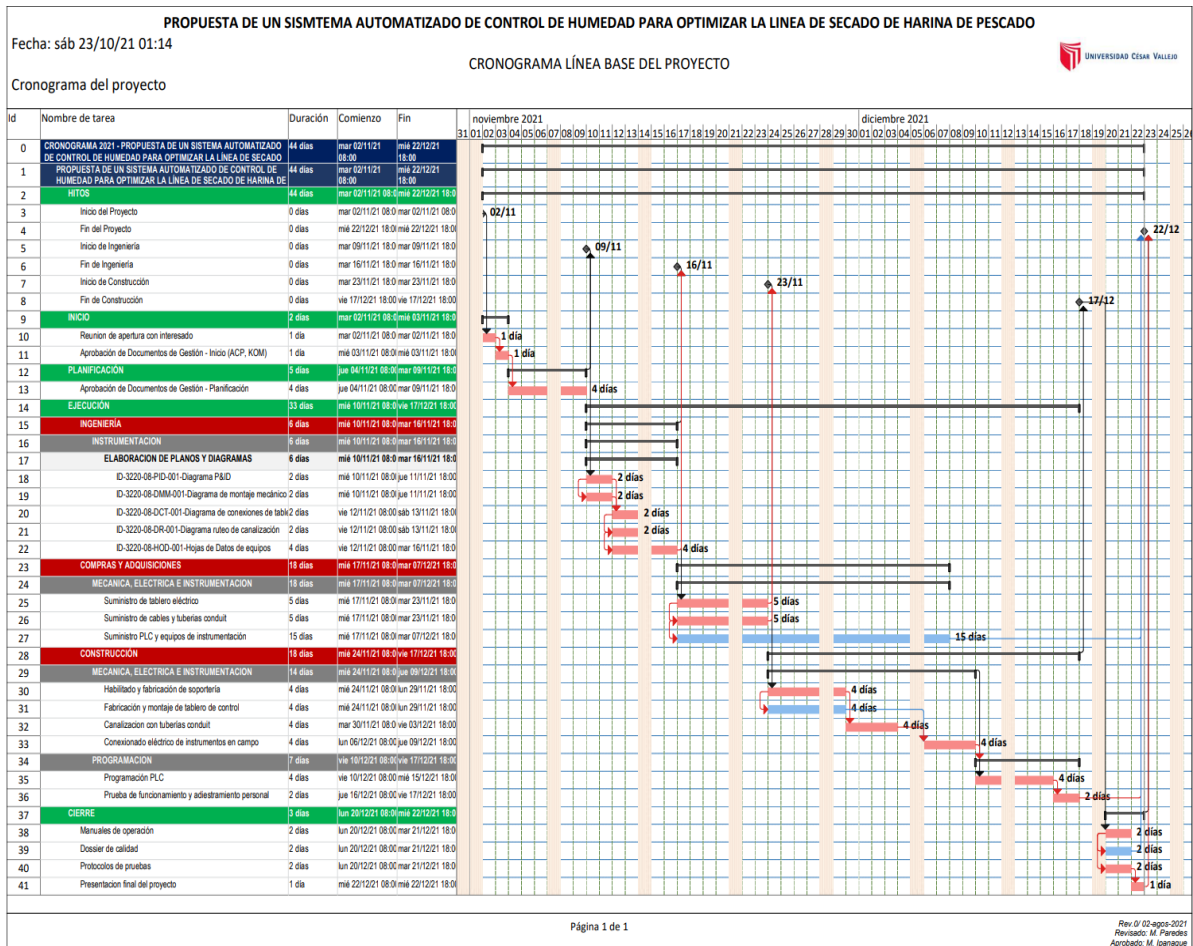


Figura 23: Cronograma de implementación, para más detalle ver anexo 14.
Fuente: Elaboración propia

Evaluación de la optimización de la línea de secado de harina de pescado

Para nuestra variable dependiente, “optimización de la línea de secado de harina de pescado”, se tiene como dimensión el % de humedad de harina; de los datos recolectados de planta para el secador rotadisco y rotatubo (Anexo 6 y 7). Calculamos las desviaciones estándar y coeficiente de variación del porcentaje de humedad (%Hu). El concepto de coeficiente de variación lo utilizamos para determinar la optimización de la línea de secado.

Secador rotadisco; operando en Excel se tiene lo siguiente:

Tabla 18: Análisis estadístico de datos reales de proceso - Rotadisco

PROMEDIO	46.16
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3.22
LIMITE MÁXIMO	49.39
LIMITE MÍNIMO	42.94
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	7%

Fuente: Elaboración propia.

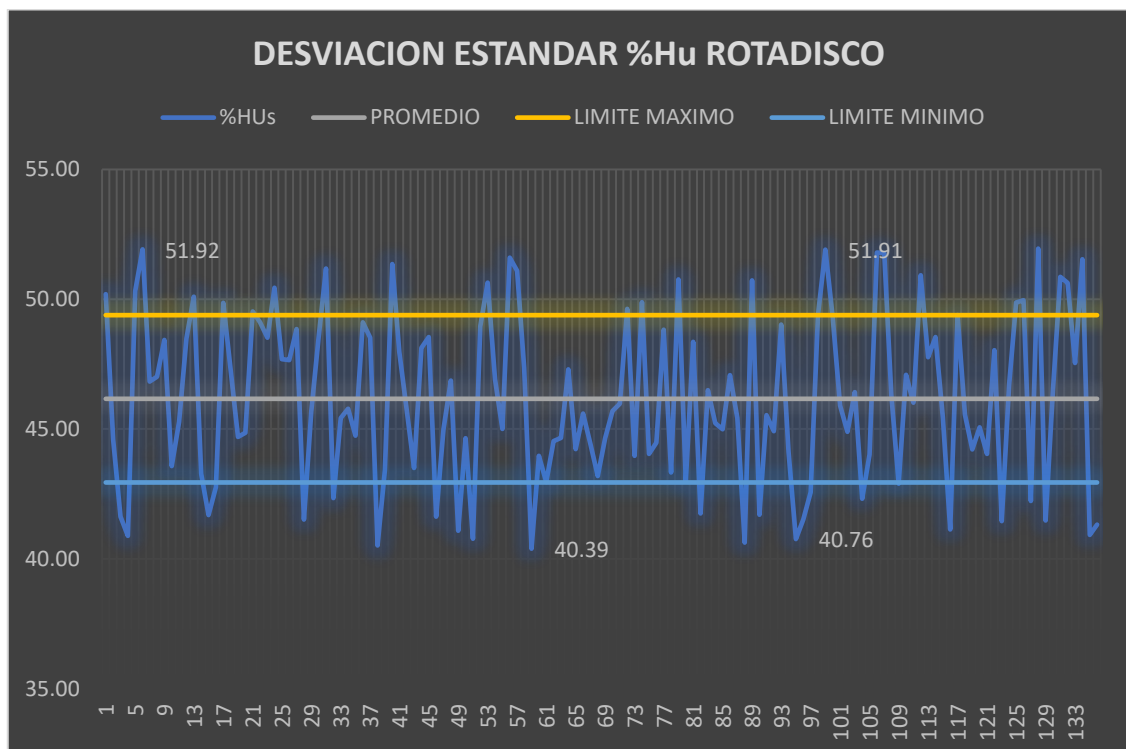


Figura 24 : Grafica de desviación estándar de datos reales secador rotadisco
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 19 se indica los valores resultantes del procesamiento de los datos históricos del proceso correspondientes a la humedad de salida del secador rotadisco (Anexo 6), el porcentaje de humedad promedio es 46.16%, con una desviación estándar de 3.22 y coeficiente de variación de 7%; así mismo en la figura 24 se muestra la variación de los datos desde 40.36 % hasta 51.92%. la dispersión de los datos se considera baja sin embargo el rango se encuentra fuera de lo recomendado para esta etapa (35 a 45%).

Secador rotatubo; operando en Excel se tiene lo siguiente:

Tabla 19: Análisis estadístico de datos reales de proceso – Rotatubo

PROMEDIO	16.44
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.99
LIMITE MÁXIMO	18.43
LIMITE MÍNIMO	14.46
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	12%

Fuente: Elaboración propia.

Así como para el caso anterior, calculamos la desviación estándar promedio y el coeficiente de desviación 1.99 y 12% respectivamente, de los valores de humedad correspondientes a la salida del secador rotatubo.

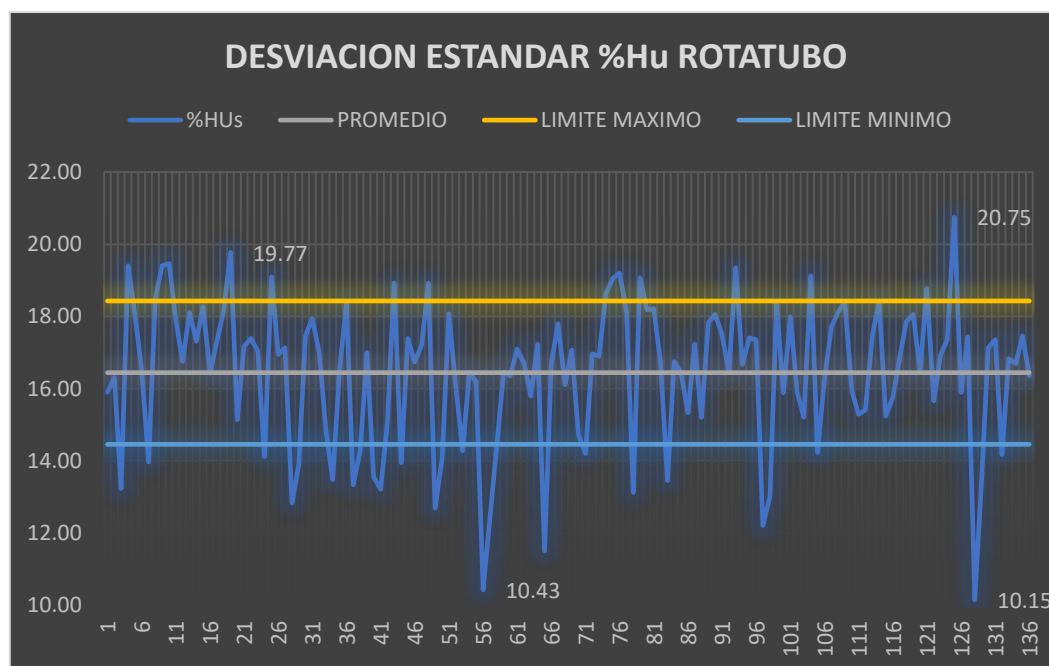


Figura 25: Grafica de desviación estándar de datos reales secador rotatubo
Fuente: Elaboración propia.

Formulación matemática de los secadores

Se tiene las siguientes consideraciones:

- De la investigación se determinó que, la presión de vapor que ingresa al secador se debe mantener constante, por lo tanto, se establece que capacidad de evaporación (Tn/h) del secador (dato técnico del equipo), también se debe mantener constante, para esta investigación considero la capacidad de operación típica de estos equipos (8 Tn/h).
- La masa de producto que ingresa al primer secador (queque de prensa), es una mezcla de harina de pescado y agua, el agua evaporada durante el secado (vahos) son evacuados a través de unos ductos de vahos; los vahos arrastran particular de harina; sin embargo, para formulación matemática consideramos esta pérdida de masa como despreciable, por lo tanto, se consideró que la masa de harina de ingreso al secador será igual a la que sale.
- La capacidad de evaporación del secador es constante, por lo tanto, realizamos el análisis en función de la carga de harina en el secador; a continuación, se presenta una aproximación matemática de la humedad de salida en función del flujo masico de ingreso al secador:

Leyenda:

\dot{m}_e	: masa de entrada
\dot{m}_s	: masa de salida
$\dot{m}_{har\ ent}$: masa de harina de entrada
$\dot{m}_{har\ sal}$: masa de harina de salida
$\dot{m}_{liq\ ent}$: masa de líquido de entrada
$\dot{m}_{liq.\ sal}$: masa de líquido de salida
$\dot{m}_{agua\ evap}$: masa de agua evaporada
$\%Hu_{in}$: porcentaje de humedad de ingreso
$\%Hu_{sal}$: porcentaje de humedad de salida

De la ecuación de balance de masa se tiene:

$$\dot{m}_e = \dot{m}_s \dots\dots\dots (1)$$

$$\dot{m}_e = \dot{m}_{har\ ent} + \dot{m}_{liq\ ent} \dots\dots\dots (2)$$

$$\dot{m}_s = \dot{m}_{har\ sal} + \dot{m}_{liq.\ sal} + \dot{m}_{agua\ evap} \dots\dots (3)$$

Entonces de (2) y (3) en (1), resulta:

$$\dot{m}_{har\ ent} + \dot{m}_{liq\ ent} = \dot{m}_{har\ sal} + \dot{m}_{liq.\ sal} + \dot{m}_{agua\ evap} \dots (4)$$

Ahora bien, se considera que la masa de harina de entrada será la misma de salida, entonces simplificando se tiene:

$$\dot{m}_{liq\ ent} = \dot{m}_{liq.\ sal} + \dot{m}_{agua\ evap} \dots (5)$$

$$\dot{m}_{liq.\ sal} = \dot{m}_{liq\ ent} - \dot{m}_{agua\ evap} \dots (6)$$

Así mismo, se entiende que:

$$\dot{m}_{liq\ ent} = \%Hu_{in} * \dot{m}_e \dots\dots\dots (7) \quad y$$

$$\%Hu_{sal} = \frac{\dot{m}_{liq.\ sal}}{\dot{m}_{har\ sal} + \dot{m}_{liq.\ sal}} \dots\dots\dots (8) \quad y$$

Remplazando (6) en (8) se tiene:

$$\%Hu_{sal} = \frac{(\dot{m}_{liq\ ent} - \dot{m}_{agua\ evap})}{\dot{m}_{har\ sal} + (\dot{m}_{liq\ ent} - \dot{m}_{agua\ evap})} \dots\dots\dots (9)$$

Seguimos con (7) en (9)

$$\%Hu_{sal} = \frac{(\%Hu_{in} * \dot{m}_e) - \dot{m}_{agua\ evap}}{\dot{m}_{har\ sal} + (\%Hu_{in} * \dot{m}_e) - \dot{m}_{agua\ evap}} \dots\dots\dots (10)$$

El flujo de harina de salida en función del flujo de entrada:

$$\dot{m}_{har\ sal} = \dot{m}_e - \%Hu_{in} * \dot{m}_e \dots\dots\dots (11)$$

Remplazando (11) en (10) tenemos,

$$\%Hu_{sal} = \frac{(\%Hu_{in} * \dot{m}_e) - \dot{m}_{agua\ evap}}{(\dot{m}_e - \%Hu_{in} * \dot{m}_e) + (\%Hu_{in} * \dot{m}_e) - \dot{m}_{agua\ evap}} \dots\dots\dots (12)$$

$$\%Hu_{sal} = \frac{(\%Hu_{in} * \dot{m}_e) - \dot{m}_{agua\ evap}}{\dot{m}_e - \dot{m}_{agua\ evap}} \dots\dots\dots (13)$$

Obtención de valores de humedad a partir de fórmula matemática;

Tabla 20: Datos de humedad de salida para 5 valores de humedad de ingreso con diferentes cargas en un secador rotadisco

Valores de humedad Rotadisco		50.02%	53.42%	54.83%	57.31%	58.72%
N°	Carga de entrada TN/h	Hu Salida 1	Hu Salida 2	Hu Salida 3	Hu Salida 4	Hu Salida 5
1	20	16.70%	22.37%	24.72%	28.85%	31.20%
2	21	19.26%	24.76%	27.03%	31.04%	33.32%
3	22	21.46%	26.80%	29.02%	32.92%	35.13%
4	23	23.36%	28.58%	30.74%	34.54%	36.70%
5	24	25.03%	30.13%	32.25%	35.97%	38.08%
6	25	26.50%	31.50%	33.57%	37.22%	39.29%
7	26	27.81%	32.72%	34.75%	38.34%	40.37%
8	27	28.98%	33.81%	35.81%	39.34%	41.34%
9	28	30.03%	34.79%	36.76%	40.23%	42.21%
10	29	30.98%	35.68%	37.62%	41.05%	42.99%
11	30	31.85%	36.48%	38.40%	41.79%	43.71%
12	31	32.64%	37.22%	39.12%	42.46%	44.36%
13	32	33.36%	37.89%	39.77%	43.08%	44.96%
14	33	34.03%	38.51%	40.38%	43.65%	45.51%
15	34	34.64%	39.09%	40.93%	44.17%	46.02%
16	35	35.21%	39.62%	41.45%	44.66%	46.49%
17	36	35.74%	40.11%	41.92%	45.11%	46.93%
18	37	36.23%	40.57%	42.37%	45.53%	47.33%
19	38	36.69%	41.00%	42.78%	45.93%	47.71%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20 se muestran los datos obtenidos teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se utilizaron 5 valores de % de humedad de ingreso seleccionados aleatoriamente de los datos recolectados del proceso, indicados en el anexo 3 y 4 para rotadisco y rotatubo respectivamente.
- Para la masa de entrada a los secadores se ingresaron diferentes valores de manera aleatoria para observar el comportamiento de la humedad.
- La masa de agua evaporada es un dato técnico del equipo.
- Capacidad de evaporación rotadisco (8 Tn/h); Capacidad de evaporación de rotatubo (10 Tn/h).

Tabla 21: Datos de humedad de salida para 5 valores de humedad de ingreso con diferentes cargas en un secador rotatubo

Valores de humedad Rotatubo		40.89%	41.63%	48.54%	49.89%	50.76%
N°	Carga de entrada TN/h	Hu Salida 1	Hu Salida 2	Hu Salida 3	Hu Salida 4	Hu Salida 5
1	20	-	-	-	-	1.52%
2	21	-	-	1.76%	4.34%	6.00%
3	22	-	-	5.66%	8.13%	9.73%
4	23	-	-	8.96%	11.34%	12.88%
5	24	-	-	11.78%	14.10%	15.59%
6	25	1.48%	2.72%	14.23%	16.48%	17.93%
7	26	3.95%	5.15%	16.38%	18.57%	19.99%
8	27	6.12%	7.29%	18.27%	20.41%	21.80%
9	28	8.05%	9.20%	19.95%	22.05%	23.40%
10	29	9.78%	10.91%	21.46%	23.52%	24.84%
11	30	11.34%	12.45%	22.81%	24.84%	26.14%
12	31	12.74%	13.83%	24.04%	26.03%	27.31%
13	32	14.02%	15.10%	25.15%	27.11%	28.38%
14	33	15.19%	16.25%	26.17%	28.10%	29.35%
15	34	16.26%	17.31%	27.10%	29.01%	30.24%
16	35	17.25%	18.28%	27.96%	29.85%	31.06%
17	36	18.16%	19.18%	28.75%	30.62%	31.82%
18	37	19.00%	20.01%	29.48%	31.33%	32.52%
19	38	19.78%	20.78%	30.16%	31.99%	33.17%
20	39	20.51%	21.50%	30.80%	32.61%	33.78%

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: En la tabla 21 se muestran los datos obtenidos a partir de la ecuación (13) para diferentes valores de humedad y cargas, observamos que para mantener la humedad de salida del secador rotadisco en 35% a medida que aumenta la humedad de ingreso se debe reducir la carga por ejemplo para la humedad de ingreso del 50.02% con una carga de 35 Tn/h se obtendría 35.21% en la salida y para 54.83% de humedad de ingreso la carga se debe reducir a 27 Tn/h para obtener 35.81%.

Tabla 22: Valores de carga aproximados para distintos valores de humedad de entrada al secador rotadisco

% de humedad	Carga
51%	34.0 Tn/h
52%	32.0 Tn/h
53%	30.2 Tn/h
54%	29.0 Tn/h
55%	27.0 Tn/h
56%	25.0 Tn/h
57%	24.5 Tn/h
58%	22.6 Tn/h

Fuente: Elaboración propia.

Análisis: En la tabla 22 se muestran los datos obtenidos a partir de la ecuación (13) para diferentes valores de humedad y cargas, observamos que para mantener la humedad de salida del secador rotatubo en 15% a medida que aumenta la humedad de ingreso se debe reducir la carga por ejemplo para la humedad de ingreso del 40.89% con una carga de 33 Tn/h se obtendría 15.19% en la salida y para 48.54% de humedad de ingreso la carga se debe reducir a 26 Tn/h para obtener 16.38%.

Tabla 23: Análisis estadístico de datos obtenidos a partir del proceso automatizado para el rotadisco

PROMEDIO	35.21
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.65
LIMITE MÁXIMO	35.86
LIMITE MÍNIMO	34.56
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	1.85%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 23 nos muestra los resultados del procesamiento de los datos obtenidos a partir de la ecuación (13) donde los valores de humedad de ingreso al secador rotadisco fueron tomados de los datos históricos indicados en el anexo 5 y los valores de carga, se seleccionaron de la tabla 22. De los cual se obtiene un promedio de humedad de salida de 35.21% con variaciones entre 34.56 y 35.86%, así mismo se obtuvo un coeficiente de variación de 1.85%, esto indica una mejora significativa con relación al 7% de la tabla 18, lo que indica que los datos se encuentran muy cercanos al valor promedio.

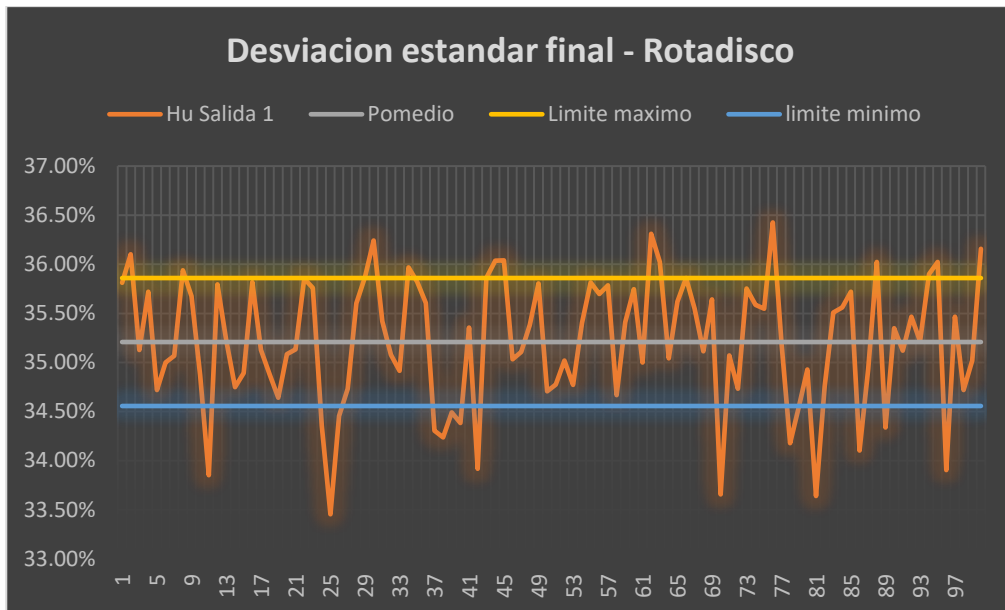


Figura 26: Gráfica de control de valores de humedad de salida de secador rotadisco después de la automatización propuesta
Fuente: *Elaboración propia*

En la figura 26, que se muestra a continuación se puede visualizar la gráfica de control para la desviación estándar de los datos de humedad de salida obtenidos a partir del proceso automatizado.

Tabla 24: Valores de carga aproximados para distintos valores de humedad de entrada al secador rotatubo

% de humedad	Carga
41%	33.5 Tn/h
42%	32.5 Tn/h
43%	31.3 Tn/h
44%	30.0 Tn/h
45%	29.0 Tn/h
46%	28.2 Tn/h
47%	27.0 Tn/h
48%	26.5 Tn/h
49%	25.4 Tn/h
50%	24.8 Tn/h
51%	24.0 Tn/h
52%	23.4 Tn/h

Fuente: Elaboración propia.

De la fórmula (13) se determinó valores de carga referenciales en Tn/h, de ingreso de harina al secador rotatubo para cada tango de porcentaje de humedad de ingreso, los valores obtenidos se indican en la tabla 24. Luego con los valores de

carga referenciales, se calculó el porcentaje de humedad de salida para cada valor de humedad de ingreso al rotatubo indicado en el anexo 7 (datos históricos). Finalmente, con ayuda de Excel se calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación para los datos teóricos obtenidos.

Tabla 25: Análisis estadístico de datos obtenidos a partir del proceso automatizado para el rotatubo

PROMEDIO	15.39%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.40
LIMITE MÁXIMO	15.86%
LIMITE MÍNIMO	14.93%
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	3.00%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 25 nos muestra los resultados del procesamiento de los datos obtenidos a partir de la ecuación (13) donde los valores de humedad de ingreso al secador rotatubo fueron tomados de los datos históricos indicados en el anexo 4 y los valores de carga, se seleccionaron de la tabla 24. De los cual se obtiene un promedio de humedad de salida de 15.39% con variaciones entre 14.93 y 16.86%, así mismo se obtuvo un coeficiente de variación de 3.00%, esto indica una mejora significativa con relación al 12% de la tabla 19, lo que indica que los datos se encuentran muy cercanos al valor promedio.

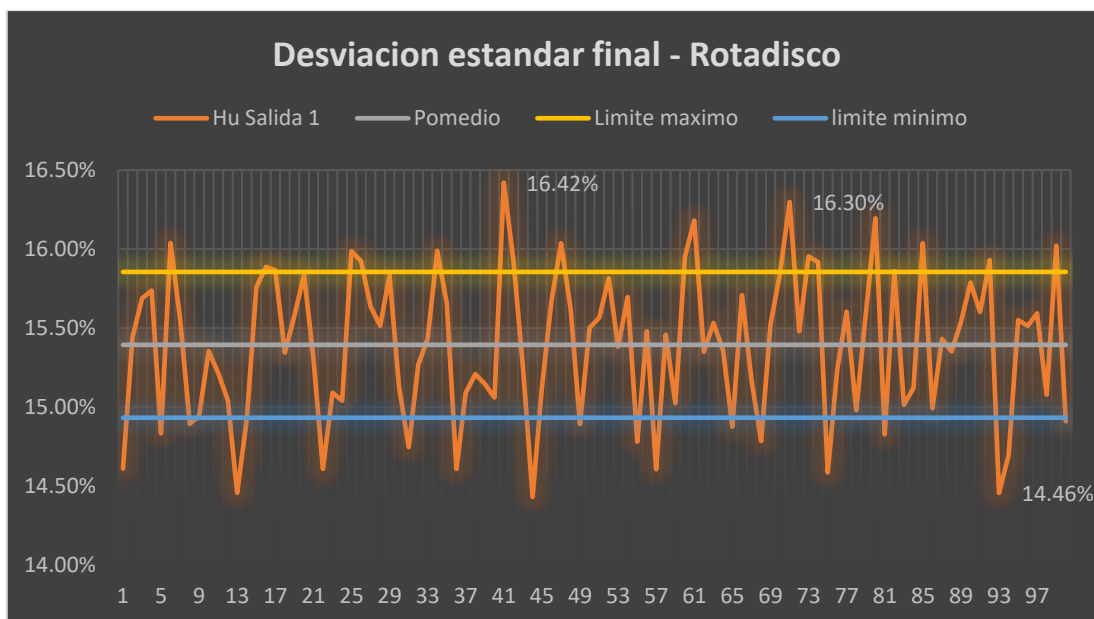


Figura 27: Gráfica de control de valores de humedad de salida de secador rotatubo después de la automatización propuesta
Fuente: Elaboración propia

En la figura 27 se representa la gráfica de control para la desviación estándar de los datos de humedad de salida obtenidos a partir del proceso automatizado.

Tabla 26: Tabla resumen entre datos reales y datos teóricos

	DATOS REALES DE PROCESO		DATOS TEÓRICOS	
	ROTADISCO	ROTATUBO	ROTADISCO	ROTATUBO
PROMEDIO Hu	46.16%	16.44%	35.21%	15.39%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3.22	1.99	0.65	0.40
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	7%	12%	1.85%	3.00%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se presenta el comparativo entre la variación de los datos reales del proceso y los datos teóricos; para el porcentaje de humedad de salida de los secadores. Se tiene una reducción de 5.15% para el secador rotadisco y 9% para el secador rotatubo; estos valores porcentuales indican el porcentaje de optimización de la línea de secado.

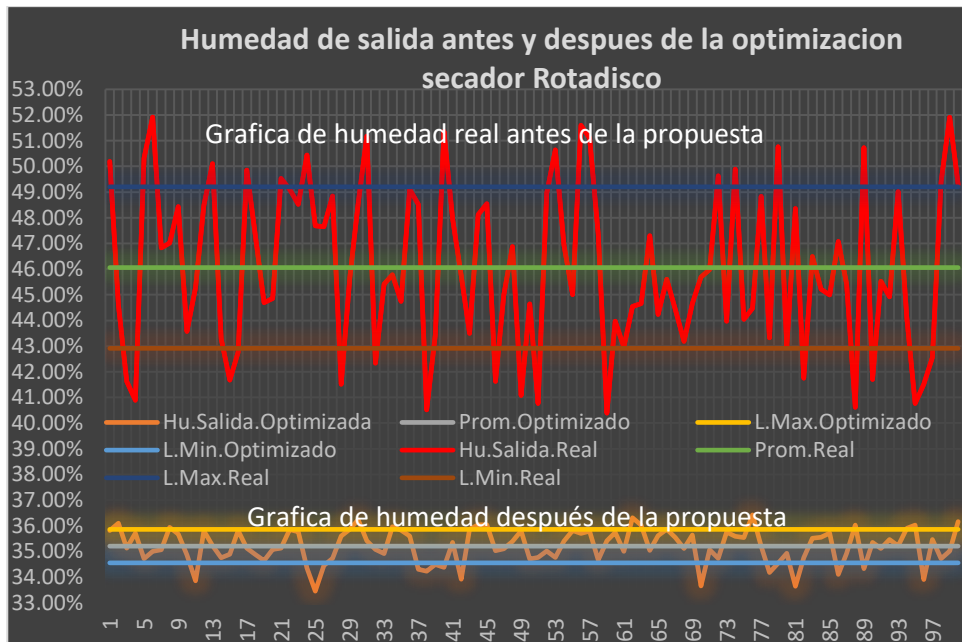


Figura 28: Comparación entre humedad de salida antes y después de la propuesta para el secador Rotadisco
Fuente: Elaboración propia

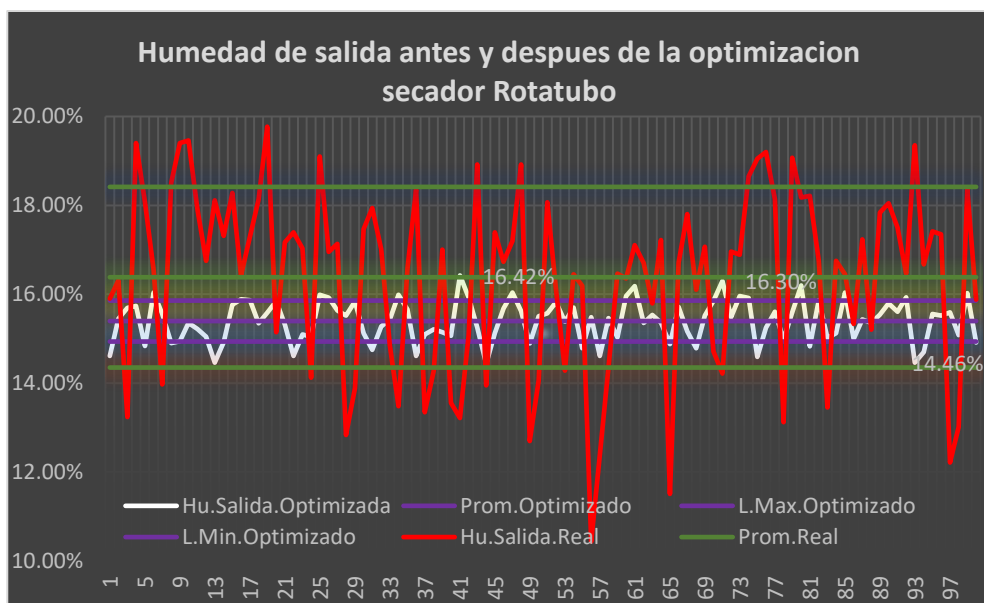


Figura 29: Comparación entre humedad de salida antes y después de la propuesta para el secador Rotatubo
Fuente: Elaboración propia

A continuación, presentamos las figuras 28 y 29, en ellas se muestran las gráficas de humedad de salida para los secadores Rotadisco y Rotatubo antes y después de la propuesta, se reduce significativamente la dispersión de los datos y se acorta el intervalo entre los límites mínimo y máximo.

V. DISCUSIÓN

De la investigación se tiene que, la etapa de secado de harina en una planta de producción de harina de pescado se inicia en el transportador helicoidal de alimentación al secador tipo rotadisco; de las entrevistas realizadas al personal de planta se sabe que en este punto el porcentaje de humedad debe estar entre 50 y 55%, sin embargo, de los datos obtenidos del proceso se aprecia que la humedad llega hasta 59%; el sistema de control propuesto no influye en este punto del proceso, es decir el control de humedad no aplica aquí, ya que la harina en el transportador helicoidal de alimentación proviene de la etapa de prensas; que es previa al secado. Cárdenas (2015) en su tesis nos presenta una propuesta de sistema automatizado de control de humedad en la etapa de prensado, se supondrá que, el sistema automatizado propuesto en nuestra investigación resultaría más eficiente con la automatización de las etapas previas.

En la tabla 8 se muestran los parámetros de control principales del proceso de secado, la variación de estos parámetros se reflejará en el valor del porcentaje de humedad de salida de la línea; tenemos el parámetro porcentaje de humedad de ingreso (%Hui), la presión de vapor de alimentación a los secadores (psi) y el consumo de corriente eléctrica del motor principal del secador (A). El porcentaje de humedad de ingreso se mide en el transportador helicoidal de alimentación al secador, en el punto anterior se mencionó que la humedad de ingreso es un parámetro que no se puede manipular en esta etapa, ya que depende exclusivamente de la etapa previa (prensado); la presión de vapor corresponde a la de trabajo de los secadores y se mide en la tubería de alimentación de vapor agua debajo de la válvula de regulación, no se debe confundir con la presión de la red de suministro de vapor proveniente de las calderas; de la investigación se tiene que la presión de vapor en los secadores se debe mantener en un valor constante entre 90 y 100 psi, esta condición nos permite establecer una tasa de transferencia de calor casi constante en tiempo; finalmente el parámetro consumo de corriente del motor principal se utiliza para la medición indirecta del flujo masico de harina a través del secador, esto supone que a medida que aumenta la carga la corriente tendera a subir, sin embargo no se cuenta con valores tabulados que hagan comparación entre el valor de corriente y carga del secador ya que los operadores

indican que esto es un método de control netamente empírico y que no se registra en ningún documento oficial de la planta. Estos parámetros de control también fueron considerados para el modelamiento de un sistema de control a lazo cerrado realizado por Aduato y Portilla (2019), sin embargo, ellos centran su investigación considerando a la presión de vapor como parámetro principal de control; por ello proponen el modelamiento de un sistema a lazo cerrado para regular el flujo de vapor en los secadores en función del porcentaje de humedad y carga de harina en el secador. En nuestra investigación diferimos con esta apreciación debido a que, de las visitas realizadas a planta se determinó que el flujo de vapor en los secadores se mantiene constante en el tiempo con una presión de trabajo entre 90 y 100 psi, ver figura 8; de lo anterior se establece una capacidad de evaporación máxima que está limitada por el diseño constructivo del secador; tal que Gómez (2017) concluye que la capacidad de evaporación influye significativamente en el diseño constructivo del secador. Así mismo en las figuras 11 y 14 vemos el comportamiento de la humedad de salida con respecto a la humedad de entrada para el secador rotadisco y rotatubo respectivamente, notando que, para un flujo de vapor constante con humedades de ingreso variables, la humedad de salida no guarda ninguna relación inversa o directamente proporcional; así mismo ya que la humedad de ingreso no es manipulable en esta etapa del proceso, nos deja a la carga de harina como único parámetro manipulable.

En la tabla 6 y 7 de nuestra investigación se muestran los intervalos de consumos de corriente de 200 – 230 A y 100 – 120 A para el secador rotadisco y rotatubo respectivamente, este consumo de corriente es referencial e informativo, debido a que su valor dependerá del diseño constructivo del secador; es decir, a su capacidad de carga en Tn/h y capacidad de evaporación según fueron diseñados, sin embargo el uso del consumo de corriente como medida indirecta del flujo masico de harina al interior de los secadores se considera confiable, y es de este modo como se realiza el control de flujo de harina en las diferentes plantas de producción de harina de pescado.

Nuestra variable dependiente “optimización de la línea de secado de harina de pescado” tiene como dimensión al porcentaje de humedad en la salida del proceso; la optimización se determinó mediante el procesamiento de los datos con el método

estadístico de desviación estándar y coeficiente de variación para lo cual, en primer lugar se operó con los datos reales recogidos del proceso, indicados en los anexos 3 y 4 para el secador rodisco y rotatubo respectivamente, de ellos se obtuvo una desviación estándar de 3.22 con un coeficiente de variación del 7% para el secador rotadisco y una desviación estándar de 1.99 con coeficiente de variación de 12% para el secador rotatubo. Para aproximar los datos de humedad de salida que obtendríamos después de la implementación del sistema de control automático se realizó un modelamiento matemático en función de la carga de ingreso al secador en toneladas por hora (ver desarrollo de ecuación 13, página 46), de este modelamiento se obtuvo la desviación estándar de 0.65 con un coeficiente de 1.85% para el rotadisco y 0.40 de desviación estándar y coeficiente de 3% para el secador rotatubo. Observamos que la desviación de los datos para el secador rotadisco se reduce en un 5.15% y 9% para el secador rotatubo; se demuestra que con el sistema automatizado de control de humedad se lograría una optimización promedio de 7% para la línea de secado.

Para el sistema de control automatizado propuesto se utilizó como controlador al PLC modelo S7-1200 de la marca Siemens, este PLC resulta más conveniente por su fácil implementación, y pertenecer a una de las marcas más comerciales en el mercado nacional, los investigadores Sanches (2015) y Cárdenas (2015) concuerdan en este tipo de PLC por tener una mayor cantidad de prestaciones en comparación con otros modelos de similar gama en otros fabricantes, para la medición de humedad se está proponiendo al sensor de humedad en línea, modelo Humy 3000 el cual consiste en el sensor FMS400 y el indicador/transmisor SCS3000 ambos de la marca mutec Instruments, este modelo de equipo ha sido diseñado para instalarse en transportadores helicoidales en líneas de producción (ver figura 19), por lo que resulta en el ideal para esta aplicación. Con relación a los demás componentes del sistema de control propuesto tales como sensores de temperatura, corriente, actuadores neumáticos, variador de frecuencia, etc. no se le otorga mayor relevancia debido a que su instalación y configuración son de carácter típico y no representa ningún limitante elegir entre uno u otro fabricante.

En este punto hemos comprendido que nuestra investigación se centra en el control de la carga en Tn/h que ingresan al secador, es decir si el porcentaje de humedad

de salida está por encima del valor de referencia (set point) el sistema reducirá la carga del secador como acción correctiva para reducir el error, sin embargo esto representa una complicación debido a que la carga proveniente de las prensas es constante; lo que obliga a enviar la carga restante hacia alguna parte para evitar la sobrecarga de los transportadores helicoidales de alimentación; en las plantas industriales de nuestro conocimiento se utilizan líneas de secado en paralelo para compensar las reducciones de carga debido al aumento de la humedad.

En cuanto a la operación de la línea de secado se determinó que la mano de obra es un factor relevante para el óptimo funcionamiento del proceso; lo que obliga a la empresa a contar con personal capacitado y desarrollar políticas de motivación para asegurar el máximo desempeño. Al igual que Córdova (2018), se determinó que la falta de motivación laboral afecta directamente al proceso. Estos problemas podrían reducirse significativamente con la implementación de un sistema automatizado.

VI. CONCLUSIONES

6.1.- Identificamos las partes que conforman la etapa de secado en una planta de producción de harina de pescado; tenemos al secador rotadisco y rotatubo, en estos equipos se realiza el secado de la harina de manera indirecta a través de la transferencia de calor desde el vapor, para trasladar la harina desde la etapa previa, entre los secadores y evacuar hacia la siguiente etapa de producción se utilizan transportadores del tipo helicoidal.

6.1.- Se determinaron las principales magnitudes físicas que intervienen en el proceso de secado de harina; como magnitudes de entrada o manipulables tenemos al porcentaje de humedad de ingreso a los secadores, entre 50 a 55%a para el secador rotadisco y 35% a 45% para rotatubos; la presión de vapor que opera entre 90 a 100 psi para ambos secadores y el consumo de corriente, 200 a 230 A para el rotadisco y 100 a 120 A para el rotatubo.

6.3.- Se estableció a la presión de vapor como una magnitud de valor constante en el tiempo, lo que nos permite asumir que la tasa de transferencia de calor también es constante, por lo que remplazamos a la presión de vapor por la capacidad de evaporación en TN/h.

6.4.- Se analizó el comportamiento de las magnitudes físicas del proceso de secado:

- El % de humedad de ingreso al secador rotadisco muestra un comportamiento irregular entre 50.06 a 58.93 %, este valor no es manipulable ya que proviene de la etapa de prensado (etapa previa).
- La humedad de salida del secador rotadisco no presenta ninguna relación con la humedad de ingreso, se tiene que para 54.83% de ingreso se obtiene 50.19% en la salida y en otro momento 55.43% de ingreso con 48.85% de salida.
- La temperatura de la harina tampoco está relacionada con la humedad de salida, se observó que se puede tener harina a 95.66°C con 50.76% de humedad de salida y 93.57°C con 43.97% de humedad.

- La humedad de salida del secador rotadisco es la humedad que ingresa al secador rotatubo.
- El comportamiento de la humedad de entrada, la humedad de salida, y la temperatura de harina, en el secador rotatubo es muy similar al secador rotadisco.

6.5.- Se presento la propuesta de un sistema automatizado de control de humedad y se demostró la optimización de la línea de secado en un 7% mediante el procesamiento de los datos de humedad de salida con el uso de la técnica estadística de variación estándar.

- Se planteo un sistema de control PID, por ser el más adecuado para este tipo de aplicaciones ya que garantiza un mejor control de las desviaciones.
- Se utilizo el controlador S7-1200 de la marca Siemens por ser el más comercial, y de interface más amigable con el usuario.
- A partir de un balance de masa se obtuvo una ecuación para obtener la humedad de salida en función de la carga de ingreso en Tn/h, porcentaje de humedad de ingreso y la capacidad de evaporación de los secadores; se considera una capacidad de evaporación típica de 8 y 10 Tn/h para el secador rotadisco y rotatubo respectivamente.
- De la ecuación se obtuvieron datos teóricos de humedad de salida para diferentes porcentajes de humedad de ingreso y diferentes flujos de harina, estos datos fueron comparados con los datos reales del proceso (anexo 5 y 6) con la técnica estadística de variación estándar obteniéndose una reducción del coeficiente de variación de 7%.
- Finalmente se concluye en que el sistema automatizado de control de humedad propuesto optimizará la línea de secado de harina de pescado en un 7% para la dimensión % de humedad de salida.

VII. RECOMENDACIONES

En una futura investigación se recomienda evaluar la capacidad de carga de los secadores, para determinar si se requiere implementar un sistema de almacenamiento de harina como respaldo ante aumentos irregulares del porcentaje de humedad de la harina proveniente desde las prensas.

Para investigaciones similares se recomienda realizarlas en las temporadas de producción que se desarrollan entre Abril – Junio y Noviembre – Enero, para facilitar el acceso a los datos del proceso y poder visualizar condiciones del proceso que normalmente no son registradas.

Esta investigación puede ser aplicable a cualquier planta de producción de harina de pescado, solo se deberá tener en cuenta la capacidad de evaporación y capacidad de carga de los secadores.

Para un nivel más avanzado de investigación se deberá considerar incluir a la etapa de prensado, ya que el producto de un presado defectuoso es un alto porcentaje de humedad.

REFERENCIAS

- Adauto Terrones, Jordán y Portilla Peláez, Elvis. *Modelamiento de un sistema de control no lineal a lazo cerrado para optimizar un secador tipo rotatubos en la producción de harina de pescado* [en línea]. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo, 2019. [Consultado 19 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14351>.
- Arbildo López, A. El control de procesos industriales y su influencia en el mantenimiento. *Ingeniería Industrial* [en línea], 2011- n°029, pp.35-49. [fecha de consulta 5 de septiembre de 2021] disponible en: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.227>
- Bazurto García, Darwin Javier. *Estudio del proceso de producción de la empresa exportadora harina de pescado Harimar*. [en línea] tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, 2018 [consultado el 10 de septiembre de 2021] disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/27482/1/TITULACION%20DARWIN%20BAZURTO.pdf>
- Contero Martinelli, Elena, La ley de cuotas de pesca y su contribución a la sostenibilidad, *Pesca responsable* [en línea] 2018, edición 106, p 6-8 [fecha de consulta 15 de octubre de 2021] disponible en: <https://www.snp.org.pe/revista-pesca-responsable/>
- Córdova Ponce, Juan Leonardo. *Estudio técnico para implementar un secador a vapor en el proceso de la harina de pescado para maximizar la calidad del producto terminado en la empresa Pescados y Mariscos ubicado en la comuna Jambelí, Provincia de Santa Elena* [en línea]. Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2018. [consultado el 19 de agosto de 2021] Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4623>.
- Cotrina Rodríguez, Neiber. y Chozo Valdera, Yhon. *Diseño de un sistema de control de humedad para un secador rotatorio de sal en el distrito de Mórrope* [en línea]. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2018

[consultado del 25 de agosto de 2021]. Disponible en:
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3865>.

Creus, A. *Instrumentación Industrial* [en línea], 8ª edición, México, Alfaomega, 2010 [consultado el 21 de agosto de 2021]. Disponible en:
https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_11-19-12139942.pdf.

Delgado Contreras, Genaro *Costos y Presupuestos en edificaciones*, 11ª edición, Perú, Editorial EDICIVIL SRL, 2017.

Domingo, Agustín. *Apuntes de Mecánica de Fluidos* [en línea] 1º edición, España Copyright 1997-2011 [revisado el 25 de octubre de 2021] disponible en:
<https://oa.upm.es/6531/1/amd-apuntes-fluidos.pdf>

Dunn, William. *Fundamentals of industrial instrumentation and process control* [en línea] second edition. United States. McGraw-Hill Education. 2018 [revisado el 20 de septiembre de 2021] ISBN: 978-1-26-012226-8. Disponible en:
<https://www.accessengineeringlibrary.com/binary/mheaeworks/d2455dee2f06f2d8/d3ee21bbd769fc9232943a2f0aa59b8269712404701d667ac7ed7c62f9cb1435/book-summary.pdf>

Fidias G. *El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica* [en línea] 6ª edición, Venezuela, Editorial EPISTEME, C.A., 2012 [consultado el 10 de septiembre de 2021]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION

Franco Wong, Rubén Javier, *Propuesta de mejora del proceso de producción de harina de pescado aplicando método TOC en la empresa Nutrifishing S.A.* [en línea] tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil, 2021 [consultado el 15 de noviembre de 2021] disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/55934/1/FRANCO%20WONG%20RUBEN%20JAVIER.pdf>

García, E. *Automatización de procesos industriales robótica y automática* [en línea] 1ª edición, Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 1999

[Consultado el 10 de octubre de 2010] Disponible en:
https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?quest=true.

Gaviola, Javier, Validando el buen manejo de la anchoveta, *Pesca responsable* [en línea] 2020, edición 113, p 24-27 [fecha de consulta 15 de octubre de 2021] disponible en: <https://www.snp.org.pe/revista-pesca-responsable/>

Gómez Montenegro, Víctor. *Influencia de la capacidad de evaporación en el dimensionamiento de un secador a por rotadiscos* [en línea] Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, 2017 [consultado en 15 de septiembre de 2021] Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2647/42930.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Gonzales Suarez, E Investigation methodology. Origin and construction of a doctoral tesis. *Revista científica de UCSA*, [en línea] 2019, vol. 6 [consultado el 25 de septiembre de 2021] disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/ucsa/v6n1/2409-8752-ucsa-6-01-76.pdf>

Guevara Chinchayan, R.F, Gómez Montenegro, V.E. y Sosa Sandoval, J.J. Influencia de la capacidad de evaporación en el dimensionamiento de un secador a vapor rotadiscos. *Ignosis* [en línea] Volumen 6, n°1, 2020, pp.47-60. [consultado el 12 de septiembre de 2021] disponible en: <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v6i1.1449>

Hernández, R. *Metodología de la investigación* [en línea]. Fernández, C. y Baptista, María. Sexta edición, México D.F., McGRAW-HILL / Interamericana editores, 2014 [consultado el 10 de septiembre de 2021] disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Holman, J.P. *Transferencia de calor*. 8ª Edición, Madrid-España. McGraw – Hill / Interamericana de España, 1998. ISBN: 84-481-2040-X

Hughes, Austin. *Electric Motors and drives: fundamentals, types and applications* [en línea] Drury, Billl. Fifth edition, United States, Elsevier Ltd. 2019 [consultado

el 14 de noviembre de 2021] ISBN: 978-0-08-102615-1. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9DOnDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=P1&dq=electric+motors+and+drives+&ots=dmqEY1M6VA&sig=Fr9GvpOWompkbeXYml9LgqlpFKw#v=onepage&q&f=false>

Incropera, Frank, *Fundamentos de transferencia de calor*, Cuarta edición, México, Editorial Prentice Hall, 1999, ISBN: 970-17-0170-4.

Katsuhiko Ogata. *Ingeniería de control moderna*. Quinta edición, Madrid, Pearson Educación S.A., 2010, ISBN: 978-84-8322660-5

Komlatsky, V. Automation technologies for fish processing and production of fish products. *Journal of Physics Conference Series 242nd ECS Meeting*, Volume 1399, issue 4.

Morales Hidalgo, Richard Alexis. *Propuesta de mejora en el área de calidad en la línea de procesamiento de harina de pescado para incrementar la rentabilidad de la empresa inversiones marañón* [en línea] tesis de pregrado. Universidad privada del norte, 2018 [consultado el 25 de noviembre de 2021] disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14471/Morales%20Hidalgo%20Richard%20Alexis-%20Parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Morán, Michael and Shapiro, Howard. *Fundamentos de termodinámica técnica*. 2ª edición. Barcelona, Editorial Reverte S.A., 2004. ISBN: 84-291-4313-0

Morga Rodríguez, Luis Enrique. *Teoría y técnica de la entrevista* [en línea] 1ª edición, México, Editado por Red Tercer Milenio, 2012 [revisado el 15 de agosto de 2021] ISBN: 978-607-733-1. Disponible en: http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/salud/Teoria_y_tecnica_de_la_entrevista.pdf

Muñoz, C. *Como elaborar y asesorar una investigación de Tesis* [en línea] Segunda edición, México, Person Educación, 2011 [consultado el 20 de septiembre de 2021] Disponible en: <http://www.indesqua.org.gt/wp-content/uploads/2016/08/Carlos-Mu%C3%B1oz-Razo-Como-elaborar-y-asesorar-una-investigacion-de-tesis-2Edicion.pdf>.

- Nonhebel, M. *El secado de sólidos en la industria química* [en línea] 1° edición, Barcelona, Editorial Reverte S.A., 2002 [consultado el 25 de septiembre de 2021] disponible en: <https://books.google.com.gt/books?id=ixjzo6i8ngC&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- Pei Li, Zonuhong Ren, Kaiyi Saho, Hequn Tan and Zhiyou Niu. Research on distinguishing fish meal quality using different characteristic parameters based on electronic technology. *College of engineering Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China* [consultado el 25 de septiembre de 2021] disponible en <file:///C:/Users/user/Downloads/sensors-19-02146.pdf>
- Quinde Briones, Alberto Epifanio. *Estudio técnico para la implementación de un secador a vapor que permita mejorar la calidad de la harina de pescado en la empresa NIRSA ubicado en la parroquia Posorja provincia del Guayas* [en línea] Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2016 [consultado el 16 de septiembre de 2021] Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/3975/UPSE-TII-2016-064.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivero Zanatta, Juan Paulo. *Costos y presupuestos. Reto de todos los días* [en línea] 1° edición, Perú, Universidad peruana de ciencias aplicadas, 2013 [consultado el 26 de diciembre de 2021] ISBN: 978-612-4041-89-3, disponible en:
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/566978/Costos%20y%20presupuestos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Roldán Vilorio, José. *Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada: Física aplicada. Otros fluidos* [en línea] 1ª edición, España, Thomson Paraninfo, ISBN: 84-283-164-81 [revisado el 26 de octubre de 2021] disponible en: file:///C:/Users/user/Downloads/Neumatica_hidraulica_y_electricidad_apli.pdf
- Ruite, A. *El pescado y los productos derivados de la pesca, composición, propiedades nutritivas y estabilidad* [en línea] 1° edición, España, 1999 [consultado el 25 de octubre de 2021] disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=5706>

Salazar, Cecilia. *Fundamentos básicos de Estadística* [en línea] Primera edición, 2018, ISBN: 978-9942-30-616-6 [consultado el 30 de octubre de 2021] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%C3%ADstica-Libro.pdf>

Sandoval Juárez, Héctor. *Modelamiento en parámetros distribuidos y estimación de parámetros desconocidos por optimización dinámica de un secador rotatorio de harina de pescado* [en línea] Tesis de maestría. Universidad de Piura. 2017 [Consultado el 15 de septiembre de 2021] disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3086/MAS_IME_AUT_024.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Soriano Orrala, Homero Alejandro, *Estudio técnico para optimizar el control de calidad, en el proceso de secado de la harina de pescado en la compañía industrial pesquera "Junín S.A. Junsa" ubicado en la parroquia Chanduy, Provincia de San Elena* [en línea] Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2015 [consultado el 18 de octubre de 2021] Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1964>.

Sujeewa Ariyawansa, *The evaluation of functional properties of fish meal* [en línea] Final Project, The United Kindong University, 2000 [consultado el 25 de octubre de 2021] disponibles en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/65958002/sujeewa3-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1643647803&Signature=XI1LMp82LWM~7zY2uTMm48EZQ1XkJymoQ-9aJfJF8xq~Qonne15qqNftKrujIKz-7SgPKbn-QaQsZxmgdzqu8cWQbtovizu-OXAmTbJdHHLMD05zI7WdWE7X4U9FLR~vUMKGrvFZfGvdr~HbpF~TPbcM00ofZKBkY4EFIXJmsZD6fts98vUjZxZaLPN~PK4ifilV6bmBqocN04VCSKsB7AXv6HdQ2VNmudqU8rKVXn8HbnGyp5kBLjs~7KCNOrWZR9UiOne9ptJRocDOhUCAAtSleJugp5uijaJTeA-yewBaFKAknp0muUaYeLBSLukTiuEltcqzcsweJliA-eA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

- Vallejos Romaña, Cesar Augusto. *Modelación, simulación, control PID y control predictivo de un secador rotadisco en la industria pesquera* [en línea] Tesis de pregrado, Universidad de Piura, 2018 [consultado el 25 de agosto de 2021] Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1757/IME_167.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- W. H. Servers. *La producción de energía mediante el vapor de agua, el aire y los gases*, 5ª Edición. Barcelona, editorial Reverté S.A., 1961. B.13020-1961.
- Wild, Jhon. *Análisis de estado financiero* [en línea]. Subramanyam, K.R. y Robert F. Halsey. Novena Edición, México DF. MC Graw-Hill Interamericana, 2007 [consultado el 25 de diciembre de 2021] ISBN-13: 978-970-10-6112-1, disponible en: <http://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2016/11/An%C3%A1lisis-de-estados-financieros-9na-Edici%C3%B3n-John-J.-Wild.pdf>

ANEXOS

Anexo 01. Operacionalización de la variable Propuesta de un sistema automatizado de control de humedad

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Propuesta de un sistema automatizado de control de humedad	García (1999) La automatización de un proceso industrial consiste en la incorporación al mismo de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen funcionamiento; siendo capaz de reaccionar de la manera esperada frente a situaciones previstas con el objetivo de situar al proceso y a los recursos en una situación más favorable. (p.12)	El sistema automatizado de control de humedad fue propuesto a partir del comportamiento de los parámetros de operación, estos parámetros fueron determinados mediante el instrumento de cuestionario dirigido a los operadores y/o supervisores encargados de la línea de secado, también se utilizó un formato de registro de información histórica de los parámetros de operación	<p>Porcentaje de humedad de ingreso.</p> <p>Presión de vapor.</p> <p>Consumo de corriente de los secadores</p>	<p>%H_Ui</p> <p>Psi</p> <p>A.</p>	<p>Razón</p> <p>Intervalo</p> <p>Razón</p>

Anexo 02. Operacionalización de la variable Optimización de la línea de secado de harina de pescado

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Optimización de la línea de secado de harina de pescado	G. Nonhebel nos comenta que, aunque en la fabricación de productos, el capital y el costo operativo de los secadores solo representan una pequeña parte del costo total, el buen funcionamiento de un secador resulta de gran importancia porque puede afectar a las especificaciones del producto terminado desde el punto de vista comercial. (p.4)	La optimización de la línea de secado se determinó por el porcentaje de humedad que se obtendría a la salida con el sistema propuesto. Los registros históricos del % de humedad a la salida de la línea serán recogidos mediante un formato de registro.	Porcentaje de humedad en la salida.	%HUs	Razón

Anexo 04. Instrumento de recolección de datos, “Cuestionario de entrevista”

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
CUESTIONARIO

Las preguntas de este cuestionario fueron realizadas para obtener los datos requeridos para el desarrollo de la tesis “Propuesta de un sistema automatizado de control de humedad para optimizar la línea de secado de harina de pescado”.

Objetivo: Realizar preguntas a los operadores y supervisores de planta con la finalidad de obtener información para la optimización del proceso de secado de harina de pescado.

Pregunta N°1. ¿Cuál es el rango de humedad que se debe mantener en la entrada del secador rotadisk?

Rpta.

Pregunta N°2. ¿Cuál es el rango de humedad que se debe mantener en la entrada del secador rotatubo?

Rpta.

Pregunta N°3. ¿Cuál es el rango de humedad que se debe mantener en la salida de la línea de secado?

Rpta.

Pregunta N°4. ¿Cuáles es la presión de vapor de trabajo del secador rotadisco?

Rpta.


Pregunta N°5. ¿Cuál es la presión de vapor de trabajo del secador rotatubo?

Rpta.

Pregunta N°6. ¿Cuál es el rango de consumo de corriente optimo del secador rotadisco y rotatubo?

Rpta.

Elaborado por: Manuel Ipanaque
Miguel Paredes


Guillermo Segundo Mielán Olivares
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. N° 215311

Anexo 05. Validación de Instrumentos de investigación

INTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN:

1. FORMATO DE REGISTRO DE INFORMACION HISTÓRICA DEL PROCESO
2. FORMATO DE CUESTIONARIO DE ENTREVISTA

Observaciones (Precisar si hay suficiencia en la cantidad de ítem): **SI TIENE SUFICIENCIA Y ES APLICABLE**

Opinion de aplicabilidad: Aplicable (x) Aplicable despues de corregir () No aplicable ()

Apellidos y nombres del juez validador: Dr./ Mg. GUILLERMO MIÑAN OLIVOS DNI: 44317159

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL DOCENTE EN INVESTIGACIÓN ACADÉMICA

Chimbote 23 de Septiembre de 2021

Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo


Guillermo Segundo Miñan Olivos
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. N° 215311

Firma de experto

Anexo 06. Recolección de datos históricos etapa Rotadisco

FORMATO							
REGISTRO DE INFORMACIÓN HISTÓRICA DE PARÁMETROS DE PROCESO DE SECADO							
Secador evaluado: Secador Rotadisco							
Temporada de producción: 2021-1							
N° de registro	Fecha	Hora	PARÁMETROS DE INGRESO			PARÁMETROS DE SALIDA	
			%Hui	Presión Vapor (psi)	Consumo de Corriente (A)	%HUs	T (°C)
001	01/05/2021	07:30:00	54.83	-	-	50.19	88.94
002	01/05/2021	12:10:00	58.72	-	-	44.60	96.30
003	01/05/2021	16:10:00	56.31	-	-	41.63	90.90
004	01/05/2021	03:10:00	56.71	-	-	40.89	91.39
005	02/05/2021	15:00:00	51.04	-	-	50.32	88.69
006	02/05/2021	19:00:00	55.80	-	-	51.92	91.67
007	02/05/2021	23:00:00	56.27	-	-	46.83	94.91
008	02/05/2021	01:40:00	54.92	-	-	47.01	87.77
009	02/05/2021	05:40:00	53.42	-	-	48.43	96.48
010	03/05/2021	07:00:00	55.71	-	-	43.57	94.27
011	03/05/2021	11:00:00	55.02	-	-	45.28	93.49
012	03/05/2021	03:00:00	54.82	-	-	48.49	92.99
013	03/05/2021	15:00:00	58.16	-	-	50.10	89.36
014	03/05/2021	19:00:00	55.63	-	-	43.28	94.68
015	03/05/2021	23:00:00	57.94	-	-	41.68	91.54
016	04/05/2021	07:00:00	50.92	-	-	42.76	90.75
017	04/05/2021	11:00:00	50.39	-	-	49.86	95.83
018	04/05/2021	15:00:00	52.13	-	-	47.29	90.53
019	04/05/2021	19:00:00	50.02	-	-	44.69	85.83
020	04/05/2021	03:00:00	52.28	-	-	44.86	96.24
021	05/05/2021	07:00:00	51.35	-	-	49.53	94.66
022	05/05/2021	15:00:00	53.55	-	-	49.11	86.02
023	05/05/2021	21:30:00	51.82	-	-	48.52	88.97
024	04/05/2021	23:00:00	55.36	-	-	50.44	94.96
025	05/05/2021	03:00:00	57.01	-	-	47.69	85.03
026	06/05/2021	09:30:00	55.43	-	-	47.65	88.78
027	06/05/2021	19:00:00	54.07	-	-	48.85	90.43
028	06/05/2021	01:03:00	56.63	-	-	41.51	92.00
029	06/05/2021	01:30:00	50.96	-	-	45.68	96.60
030	07/05/2021	07:00:00	53.83	-	-	48.54	95.78
031	07/05/2021	11:00:00	58.28	-	-	51.18	91.21
032	07/05/2021	15:00:00	58.06	-	-	42.34	89.18
033	06/05/2021	23:00:00	54.20	-	-	45.42	95.89
034	07/05/2021	03:00:00	52.93	-	-	45.78	96.26
035	08/05/2021	10:40:00	58.54	-	-	44.74	91.69
036	08/05/2021	14:40:00	58.40	-	-	49.11	94.67
037	08/05/2021	02:40:00	57.56	-	-	48.52	95.63
038	08/05/2021	06:40:00	55.28	-	-	40.52	86.15
039	09/05/2021	19:20:00	57.68	-	-	43.43	87.42
040	08/05/2021	23:10:00	57.61	-	-	51.36	89.19
041	09/05/2021	03:10:00	52.48	-	-	47.96	96.42
042	09/05/2021	07:10:00	57.31	-	-	45.74	90.03
043	10/05/2021	07:20:00	52.85	-	-	43.50	86.19
044	10/05/2021	11:20:00	52.98	-	-	48.12	96.52
045	10/05/2021	23:20:00	54.99	-	-	48.54	86.82
046	10/05/2021	03:20:00	58.03	-	-	41.62	88.09
047	10/05/2021	04:48:00	51.33	-	-	44.99	86.57

048	10/05/2021	07:20:00	54.53	-	-	46.87	91.42
049	11/05/2021	07:30:00	52.81	-	-	41.08	89.81
050	11/05/2021	11:30:00	55.60	-	-	44.64	92.98
051	11/05/2021	16:00:00	51.08	-	-	40.77	91.80
052	11/05/2021	23:30:00	50.31	-	-	48.96	86.69
053	11/05/2021	20:00:00	56.07	-	-	50.64	86.32
054	11/05/2021	22:30:00	58.27	-	-	46.92	89.26
055	11/05/2021	03:30:00	53.52	-	-	45.00	96.16
056	12/05/2021	07:30:00	58.46	-	-	51.60	94.89
057	12/05/2021	11:30:00	53.50	-	-	51.10	91.03
058	12/05/2021	15:30:00	56.00	-	-	47.36	88.46
059	12/05/2021	19:30:00	52.52	-	-	40.39	95.03
060	12/05/2021	02:30:00	58.49	-	-	43.97	87.47
061	12/05/2021	06:30:00	55.80	-	-	42.96	86.18
062	13/05/2021	22:10:00	53.88	-	-	44.54	96.36
063	13/05/2021	00:40:00	58.67	-	-	44.66	95.00
064	13/05/2021	04:40:00	52.25	-	-	47.30	86.32
065	14/05/2021	07:00:00	53.38	-	-	44.23	86.17
066	14/05/2021	16:00:00	52.85	-	-	45.60	90.79
067	14/05/2021	02:10:00	58.36	-	-	44.42	90.45
068	14/05/2021	05:50:00	56.30	-	-	43.19	87.64
069	14/05/2021	20:00:00	54.71	-	-	44.65	89.98
070	15/05/2021	08:00:00	57.14	-	-	45.69	90.63
071	15/05/2021	12:00:00	52.27	-	-	45.98	87.02
072	15/05/2021	16:00:00	54.07	-	-	49.63	85.41
073	15/05/2021	00:00:00	54.79	-	-	43.97	96.55
074	15/05/2021	20:00:00	51.69	-	-	49.89	87.80
075	15/05/2021	04:00:00	52.62	-	-	44.04	91.83
076	16/05/2021	08:00:00	58.93	-	-	44.47	92.85
077	16/05/2021	12:00:00	55.94	-	-	48.83	85.74
078	16/05/2021	16:00:00	55.24	-	-	43.32	93.57
079	16/05/2021	00:00:00	55.49	-	-	50.76	95.66
080	16/05/2021	04:00:00	50.24	-	-	42.97	91.31
081	17/05/2021	07:40:00	57.13	-	-	48.36	87.50
082	17/05/2021	11:40:00	56.06	-	-	41.75	94.35
083	17/05/2021	17:40:00	53.30	-	-	46.49	93.18
084	17/05/2021	21:00:00	58.37	-	-	45.22	95.30
085	16/05/2021	23:40:00	56.71	-	-	44.99	85.28
086	17/05/2021	03:40:00	57.43	-	-	47.07	92.33
087	18/05/2021	01:00:00	54.21	-	-	45.42	89.82
088	18/05/2021	05:00:00	58.67	-	-	40.62	85.04
089	20/05/2021	01:30:00	57.58	-	-	50.73	85.91
090	23/05/2021	01:40:00	50.56	-	-	41.70	86.14
091	23/05/2021	09:40:00	51.34	-	-	45.53	96.98
092	23/05/2021	05:40:00	58.31	-	-	44.92	89.53
093	23/05/2021	16:40:00	56.37	-	-	49.02	95.00
094	24/05/2021	08:40:00	56.83	-	-	44.11	95.73
095	24/05/2021	13:20:00	58.67	-	-	40.76	91.68
096	24/05/2021	17:20:00	57.30	-	-	41.51	86.72
097	23/05/2021	20:40:00	51.60	-	-	42.56	85.82
098	24/05/2021	00:40:00	50.08	-	-	49.39	88.54
099	24/05/2021	21:20:00	50.31	-	-	51.91	89.37
100	24/05/2021	04:40:00	53.77	-	-	49.29	95.25
101	25/05/2021	09:20:00	58.46	-	-	45.90	94.59
102	25/05/2021	13:20:00	51.41	-	-	44.89	92.60
103	25/05/2021	16:40:00	55.31	-	-	46.42	90.59
104	25/05/2021	20:40:00	50.39	-	-	42.31	86.20
105	25/05/2021	01:20:00	50.99	-	-	44.02	87.22
106	25/05/2021	05:20:00	52.44	-	-	51.80	91.32
107	26/05/2021	08:40:00	53.73	-	-	51.77	87.72
108	26/05/2021	12:40:00	51.97	-	-	46.32	89.91

109	26/05/2021	19:30:00	50.67	-	-	42.90	94.29
110	26/05/2021	00:40:00	53.23	-	-	47.09	95.16
111	26/05/2021	04:40:00	52.90	-	-	46.01	92.29
112	27/05/2021	07:30:00	52.02	-	-	50.92	85.27
113	27/05/2021	16:25:00	56.83	-	-	47.77	87.36
114	27/05/2021	20:25:00	52.76	-	-	48.54	88.30
115	26/05/2021	23:30:00	51.46	-	-	45.45	93.22
116	27/05/2021	03:30:00	52.27	-	-	41.13	90.33
117	28/05/2021	08:25:00	50.06	-	-	49.40	92.90
118	28/05/2021	12:25:00	52.99	-	-	45.56	92.24
119	28/05/2021	16:25:00	56.18	-	-	44.21	96.77
120	28/05/2021	00:25:00	56.32	-	-	45.07	92.23
121	28/05/2021	20:25:00	52.03	-	-	44.04	91.91
122	28/05/2021	04:25:00	55.15	-	-	48.04	91.07
123	29/05/2021	10:50:00	52.32	-	-	41.45	96.52
124	29/05/2021	14:50:00	55.65	-	-	46.69	87.33
125	29/05/2021	21:00:00	58.00	-	-	49.87	96.27
126	29/05/2021	00:25:00	53.61	-	-	49.96	90.22
127	29/05/2021	06:50:00	57.20	-	-	42.23	93.71
128	30/05/2021	13:30:00	51.52	-	-	51.95	91.85
129	31/05/2021	08:40:00	56.90	-	-	41.47	93.02
130	30/05/2021	20:40:00	58.63	-	-	46.49	91.76
131	31/05/2021	00:40:00	51.22	-	-	50.86	91.17
132	31/05/2021	12:40:00	51.25	-	-	50.63	93.78
133	31/05/2021	04:40:00	50.20	-	-	47.54	96.43
134	31/05/2021	16:40:00	51.52	-	-	51.54	96.29
135	31/05/2021	20:30:00	51.13	-	-	40.92	93.61
136	30/05/2021	01:00:00	54.98	-	-	41.31	94.22

Fuente: Información obtenida de planta pesquera Tecnológica de Alimentos, Chimbote. Esta información no puede ser validada por tratarse de información confidencial.

Anexo 07. Recolección de datos históricos etapa Rotatubo

FORMATO							
REGISTRO DE INFORMACIÓN HISTÓRICA DE PARÁMETROS DE PROCESO DE SECADO							
Secador evaluado: Secador Rotatubo							
Temporada de producción: 2021-1							
N° de registro	Fecha	Hora	PARÁMETROS DE INGRESO			PARÁMETROS DE SALIDA	
			%HUi	Presión Vapor (psi)	Consumo de Corriente (A)	%HUs	T (°C)
001	01/05/2021	07:30:00	50.19	-	-	15.90	93.40
002	01/05/2021	12:10:00	44.60	-	-	16.31	95.00
003	01/05/2021	16:10:00	41.63	-	-	13.23	92.50
004	01/05/2021	03:10:00	40.89	-	-	19.40	91.40
005	02/05/2021	15:00:00	50.32	-	-	18.07	94.50
006	02/05/2021	19:00:00	51.92	-	-	16.54	97.10
007	02/05/2021	23:00:00	46.83	-	-	13.97	96.20
008	02/05/2021	01:40:00	47.01	-	-	18.51	97.10
009	02/05/2021	05:40:00	48.43	-	-	19.40	95.20
010	03/05/2021	07:00:00	43.57	-	-	19.46	97.40
011	03/05/2021	11:00:00	45.28	-	-	17.90	97.20
012	03/05/2021	03:00:00	48.49	-	-	16.75	94.20
013	03/05/2021	15:00:00	50.10	-	-	18.11	93.70
014	03/05/2021	19:00:00	43.28	-	-	17.31	95.00
015	03/05/2021	23:00:00	41.68	-	-	18.28	92.70
016	04/05/2021	07:00:00	42.76	-	-	16.42	92.20
017	04/05/2021	11:00:00	49.86	-	-	17.30	89.70
018	04/05/2021	15:00:00	47.29	-	-	18.13	93.40
019	04/05/2021	19:00:00	44.69	-	-	19.77	93.00
020	04/05/2021	03:00:00	44.86	-	-	15.14	94.60
021	05/05/2021	07:00:00	49.53	-	-	17.17	93.80
022	05/05/2021	15:00:00	49.11	-	-	17.39	93.00
023	05/05/2021	21:30:00	48.52	-	-	17.03	94.20
024	04/05/2021	23:00:00	50.44	-	-	14.12	94.80
025	05/05/2021	03:00:00	47.69	-	-	19.10	92.40
026	06/05/2021	09:30:00	47.65	-	-	16.95	95.70
027	06/05/2021	19:00:00	48.85	-	-	17.13	95.80
028	06/05/2021	01:03:00	41.51	-	-	12.83	97.40
029	06/05/2021	01:30:00	45.68	-	-	13.88	96.30
030	07/05/2021	07:00:00	48.54	-	-	17.46	94.20
031	07/05/2021	11:00:00	51.18	-	-	17.94	94.80
032	07/05/2021	15:00:00	42.34	-	-	17.01	93.70
033	06/05/2021	23:00:00	45.42	-	-	14.84	95.70
034	07/05/2021	03:00:00	45.78	-	-	13.48	96.20

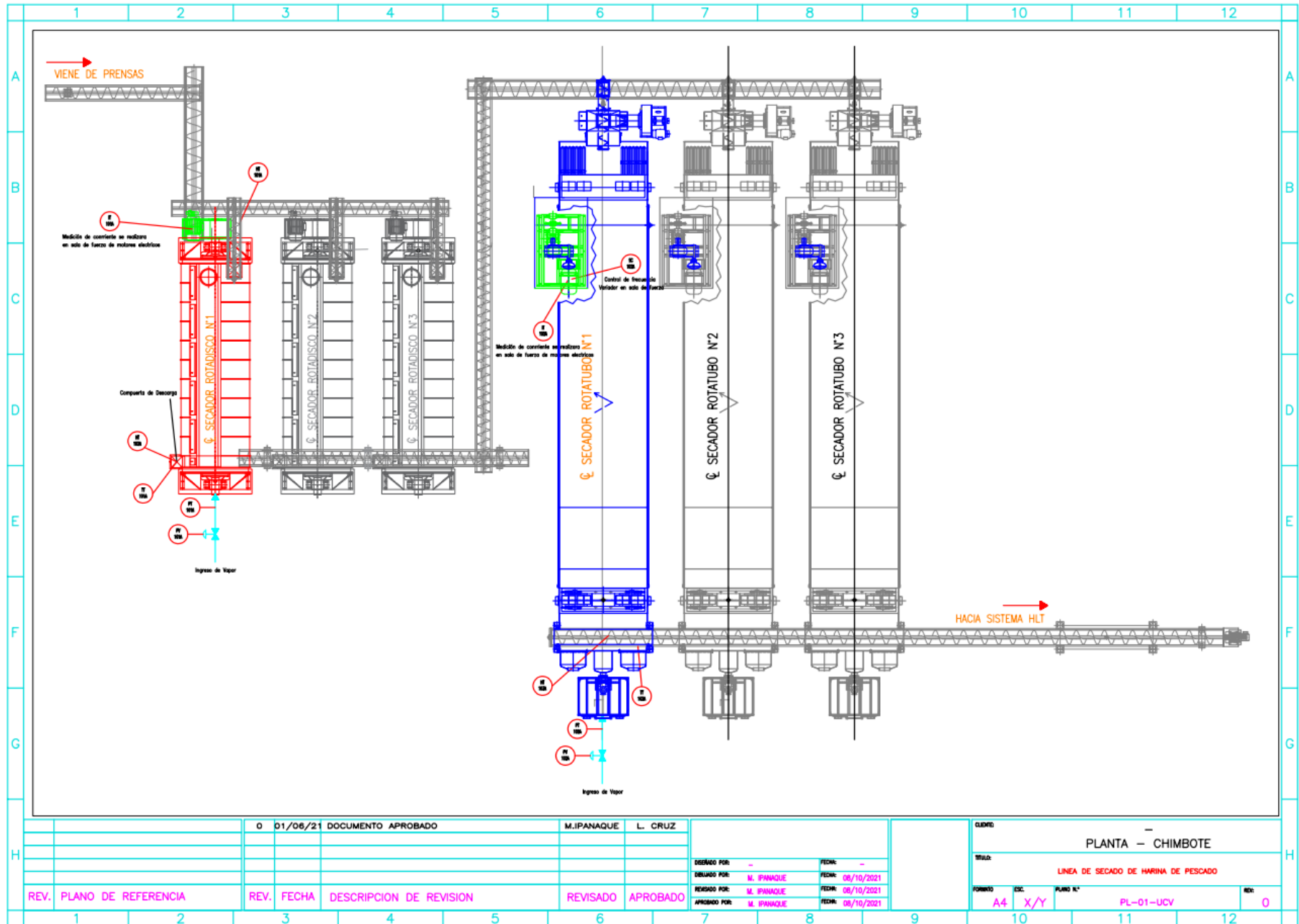
035	08/05/2021	10:40:00	44.74	-	-	16.57	96.60
036	08/05/2021	14:40:00	49.11	-	-	18.36	92.30
037	08/05/2021	02:40:00	48.52	-	-	13.34	96.90
038	08/05/2021	06:40:00	40.52	-	-	14.27	95.20
039	09/05/2021	19:20:00	43.43	-	-	17.00	94.50
040	08/05/2021	23:10:00	51.36	-	-	13.55	96.90
041	09/05/2021	03:10:00	47.96	-	-	13.21	97.40
042	09/05/2021	07:10:00	45.74	-	-	15.06	95.70
043	10/05/2021	07:20:00	43.50	-	-	18.92	95.80
044	10/05/2021	11:20:00	48.12	-	-	13.95	97.30
045	10/05/2021	23:20:00	48.54	-	-	17.39	94.80
046	10/05/2021	03:20:00	41.62	-	-	16.73	95.80
047	10/05/2021	04:48:00	44.99	-	-	17.20	92.30
048	10/05/2021	07:20:00	46.87	-	-	18.92	95.80
049	11/05/2021	07:30:00	41.08	-	-	12.69	96.00
050	11/05/2021	11:30:00	44.64	-	-	14.06	96.90
051	11/05/2021	16:00:00	40.77	-	-	18.07	92.80
052	11/05/2021	23:30:00	48.96	-	-	16.11	94.20
053	11/05/2021	20:00:00	50.64	-	-	14.28	94.20
054	11/05/2021	22:30:00	46.92	-	-	16.45	96.80
055	11/05/2021	03:30:00	45.00	-	-	16.19	95.40
056	12/05/2021	07:30:00	51.60	-	-	10.43	95.30
057	12/05/2021	11:30:00	51.10	-	-	12.38	96.80
058	12/05/2021	15:30:00	47.36	-	-	14.35	97.20
059	12/05/2021	19:30:00	40.39	-	-	16.46	90.90
060	12/05/2021	02:30:00	43.97	-	-	16.35	94.90
061	12/05/2021	06:30:00	42.96	-	-	17.10	95.70
062	13/05/2021	22:10:00	44.54	-	-	16.70	91.40
063	13/05/2021	00:40:00	44.66	-	-	15.79	94.00
064	13/05/2021	04:40:00	47.30	-	-	17.22	94.50
065	14/05/2021	07:00:00	44.23	-	-	11.50	97.10
066	14/05/2021	16:00:00	45.60	-	-	16.71	92.80
067	14/05/2021	02:10:00	44.42	-	-	17.80	94.50
068	14/05/2021	05:50:00	43.19	-	-	16.10	95.40
069	14/05/2021	20:00:00	44.65	-	-	17.07	91.40
070	15/05/2021	08:00:00	45.69	-	-	14.71	93.40
071	15/05/2021	12:00:00	45.98	-	-	14.21	95.40
072	15/05/2021	16:00:00	49.63	-	-	16.96	97.30
073	15/05/2021	00:00:00	43.97	-	-	16.89	94.30
074	15/05/2021	20:00:00	49.89	-	-	18.65	97.80
075	15/05/2021	04:00:00	44.04	-	-	19.05	92.90
076	16/05/2021	08:00:00	44.47	-	-	19.20	94.20
077	16/05/2021	12:00:00	48.83	-	-	18.13	96.90
078	16/05/2021	16:00:00	43.32	-	-	13.12	96.60
079	16/05/2021	00:00:00	50.76	-	-	19.07	94.90

080	16/05/2021	04:00:00	42.97	-	-	18.18	95.10
081	17/05/2021	07:40:00	48.36	-	-	18.21	93.80
082	17/05/2021	11:40:00	41.75	-	-	16.75	93.50
083	17/05/2021	17:40:00	46.49	-	-	13.45	94.90
084	17/05/2021	21:00:00	45.22	-	-	16.75	94.30
085	16/05/2021	23:40:00	44.99	-	-	16.45	95.20
086	17/05/2021	03:40:00	47.07	-	-	15.33	91.70
087	18/05/2021	01:00:00	45.42	-	-	17.23	96.20
088	18/05/2021	05:00:00	40.62	-	-	15.20	95.50
089	20/05/2021	01:30:00	50.73	-	-	17.84	94.30
090	23/05/2021	01:40:00	41.70	-	-	18.05	91.60
091	23/05/2021	09:40:00	45.53	-	-	17.50	94.10
092	23/05/2021	05:40:00	44.92	-	-	16.46	94.80
093	23/05/2021	16:40:00	49.02	-	-	19.35	92.30
094	24/05/2021	08:40:00	44.11	-	-	16.67	97.20
095	24/05/2021	13:20:00	40.76	-	-	17.41	96.30
096	24/05/2021	17:20:00	41.51	-	-	17.35	93.50
097	23/05/2021	20:40:00	42.56	-	-	12.21	97.20
098	24/05/2021	00:40:00	49.39	-	-	13.01	96.50
099	24/05/2021	21:20:00	51.91	-	-	18.36	92.80
100	24/05/2021	04:40:00	49.29	-	-	15.88	96.40
101	25/05/2021	09:20:00	45.90	-	-	17.99	97.20
102	25/05/2021	13:20:00	44.89	-	-	15.90	97.70
103	25/05/2021	16:40:00	46.42	-	-	15.21	96.30
104	25/05/2021	20:40:00	42.31	-	-	19.13	95.40
105	25/05/2021	01:20:00	44.02	-	-	14.23	94.80
106	25/05/2021	05:20:00	51.80	-	-	16.23	96.10
107	26/05/2021	08:40:00	51.77	-	-	17.71	96.30
108	26/05/2021	12:40:00	46.32	-	-	18.12	96.10
109	26/05/2021	19:30:00	42.90	-	-	18.40	93.00
110	26/05/2021	00:40:00	47.09	-	-	15.93	94.30
111	26/05/2021	04:40:00	46.01	-	-	15.29	94.20
112	27/05/2021	07:30:00	50.92	-	-	15.40	91.20
113	27/05/2021	16:25:00	47.77	-	-	17.45	93.00
114	27/05/2021	20:25:00	48.54	-	-	18.43	94.40
115	26/05/2021	23:30:00	45.45	-	-	15.23	95.80
116	27/05/2021	03:30:00	41.13	-	-	15.76	93.90
117	28/05/2021	08:25:00	49.40	-	-	16.83	96.70
118	28/05/2021	12:25:00	45.56	-	-	17.86	91.60
119	28/05/2021	16:25:00	44.21	-	-	18.05	95.10
120	28/05/2021	00:25:00	45.07	-	-	16.45	93.70
121	28/05/2021	20:25:00	44.04	-	-	18.77	93.30
122	28/05/2021	04:25:00	48.04	-	-	15.66	93.90
123	29/05/2021	10:50:00	41.45	-	-	16.93	93.80
124	29/05/2021	14:50:00	46.69	-	-	17.35	97.70

125	29/05/2021	21:00:00	49.87	-	-	20.75	92.40
126	29/05/2021	00:25:00	49.96	-	-	15.89	94.20
127	29/05/2021	06:50:00	42.23	-	-	17.43	94.80
128	30/05/2021	13:30:00	51.95	-	-	10.15	92.80
129	31/05/2021	08:40:00	41.47	-	-	13.41	96.30
130	30/05/2021	20:40:00	46.49	-	-	17.13	96.50
131	31/05/2021	00:40:00	50.86	-	-	17.35	96.10
132	31/05/2021	12:40:00	50.63	-	-	14.17	96.10
133	31/05/2021	04:40:00	47.54	-	-	16.83	96.30
134	31/05/2021	16:40:00	51.54	-	-	16.69	96.80
135	31/05/2021	20:30:00	40.92	-	-	17.46	94.40
136	30/05/2021	01:00:00	41.31	-	-	16.35	94.80

Fuente: Información obtenida de planta pesquera Tecnológica de Alimentos, Chimbote. Esta información no puede ser validada por tratarse de información confidencial

Anexo 08. Puntos de medición y control de línea de secado de harina de pescado



Fuente: Elaboración propia

Resistance thermometer Model TR10-H, without thermowell

WIKA data sheet TE 60.08



for further approvals
see page 8

Applications

- For direct installation into the process
- Machine building
- Motors
- Bearing
- Pipelines and vessels

Special features

- Application ranges from -200 ... +600 °C
(-328 ... +1,112 °F)
- For insertion, screw-in with optional process connection
- Connection head form B or JS
- Explosion-protected versions Ex i

Description

Resistance thermometers without thermowell are particularly suitable for those applications in which the metal sensor tip is mounted directly into bored holes (e.g. in machine components) or directly into the process for any application with no chemically aggressive media or abrasion.

For mounting into a thermowell, a spring-loaded compression fitting should be provided, since only this can press the sensor tip into the bottom of the thermowell. Otherwise a potentially critical force could be exerted on the measuring tip. Mounting is usually made directly into the process. Fastening elements such as threaded fittings, union nuts, etc. are available as options.

The flexible part of the sensor is a mineral-insulated cable (sheathed cable). It consists of a stainless steel outer sheath in which the internal lead is pressed and isolated within a high-density ceramic mass. The measuring resistance is connected directly to the internal leads of the sheathed cable and is, therefore, also suitable for use at higher temperatures.



Resistance thermometer without thermowell,
model TR10-H

Due to their flexibility and the small possible diameters, sheathed resistance thermometers can also be used in locations that are not easily accessible, since, with the exception of the sensor tip and the transition of the connection cable, the sheath can be bent to a radius of three times the diameter of the cable.

Please note:

The flexibility of the sheathed resistance thermometer must be considered, especially when the flow rates are relatively high.

Optionally we can fit analogue or digital transmitters from the WIKA range into the connection head.

Anexo 10. Ficha técnica transmisora de presión

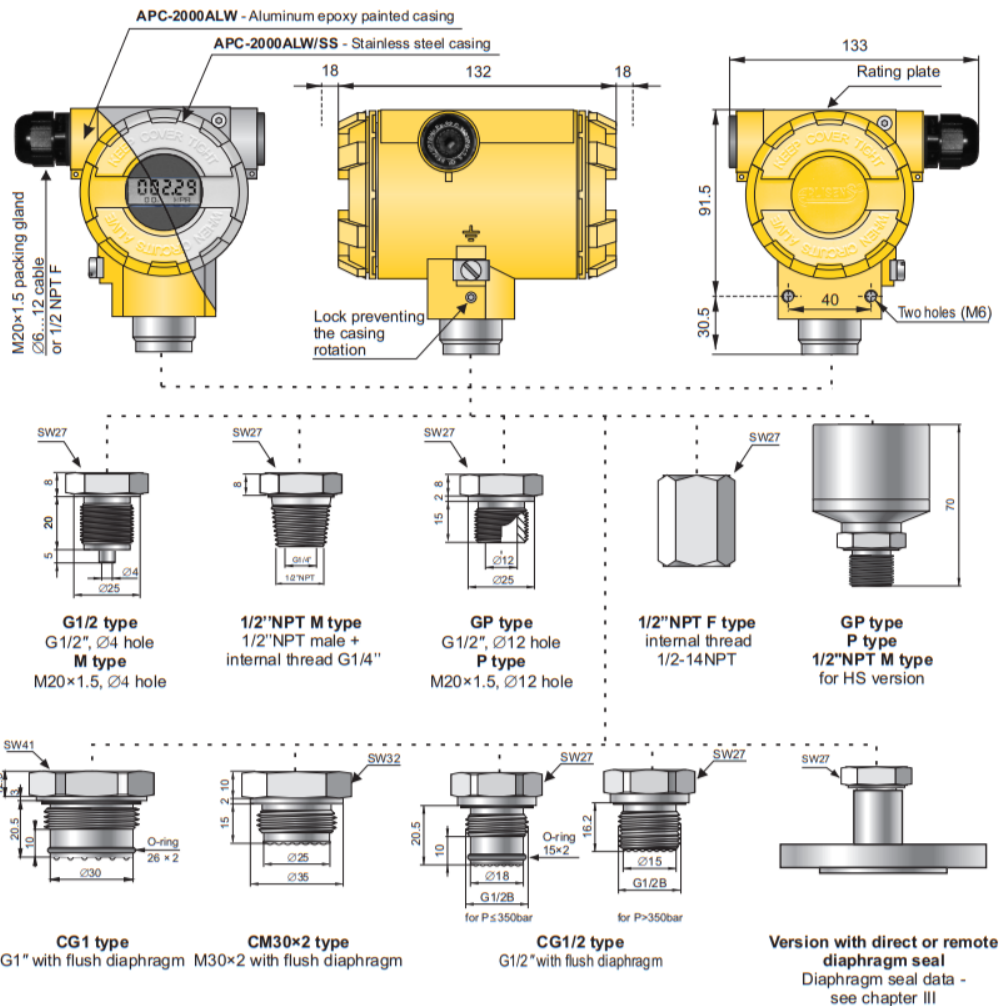
APLISENS[®]

SMART PRESSURE TRANSMITTER APC-2000ALW

HART
COMMUNICATION PROTOCOL

- ✓ 4...20 mA output signal + HART protocol
(special version: 0...20 mA or 0...5 mA output signal + HART protocol)
- ✓ Display with backlight
- ✓ Programmable range, zero shift, characteristic and damping ratio with local panel keys
- ✓ SIL 2 certificate
- ✓ Intrinsic safety certificate (ATEX, IECEx)
- ✓ Explosion proof certificate (ATEX, IECEx)
- ✓ Marine certificate – DNV, BV
- ✓ PED Conformity (97/23/EC)
- ✓ Accuracy 0,075% (0,05%, 0,04% on request)
- ✓ Gold plated diaphragm (Au)
- ✓ MID (Measuring Instruments Directive) – certificate acc. to 2004/22/WE directive and OIML R140:2007 recommendations.

**up to 5 years
warranty**



Anexo 11. Ficha técnica transformadora de corriente

Ficha técnica del producto Características

METSECT5CC005

current transformer tropicalised DIN mount 50 5
for cables d. 21



Principal

Gama	PowerLogic
Nombre del producto	TI
Tipo de producto o componente	Transformador de corriente
Corriente del secundario	5 A
Clase de precisión	Clase 1 en 1.25 VA Clase 3 en 1.5 VA
[In] corriente nominal	50 A

Complementario

Tipo de transformador de corriente	Tropicalizado para cable
Relación de transformación del trafo	50/5
[Ith] corriente térmica convencional	3 kA
Corriente nominal dinámica	2.5 Ith
Factor de seguridad	5
[Ue] tensión asignada de empleo	< 720 V CA 50/60 Hz
[Ui] tensión asignada de aislamiento	3 kV
Tipo de montaje	Ajustable en clip Mediante tornillos
Tipo de montaje	Placa de montaje Carril DIN
Anchura	Exterior, estado 1 44 mm
Altura	Exterior, estado 1 65 mm
Profundidad	Frame, estado 1 30 mm Total, estado 1 37 mm
Diámetro	21 mm
Peso del producto	0.19 kg
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	3 kV
Clase de aislamien eléctrico	Clase B
Diámetro exterior del cable	21 mm
Sellado	Donde

12/10/2021

Life Is On | Schneider
Electric

1

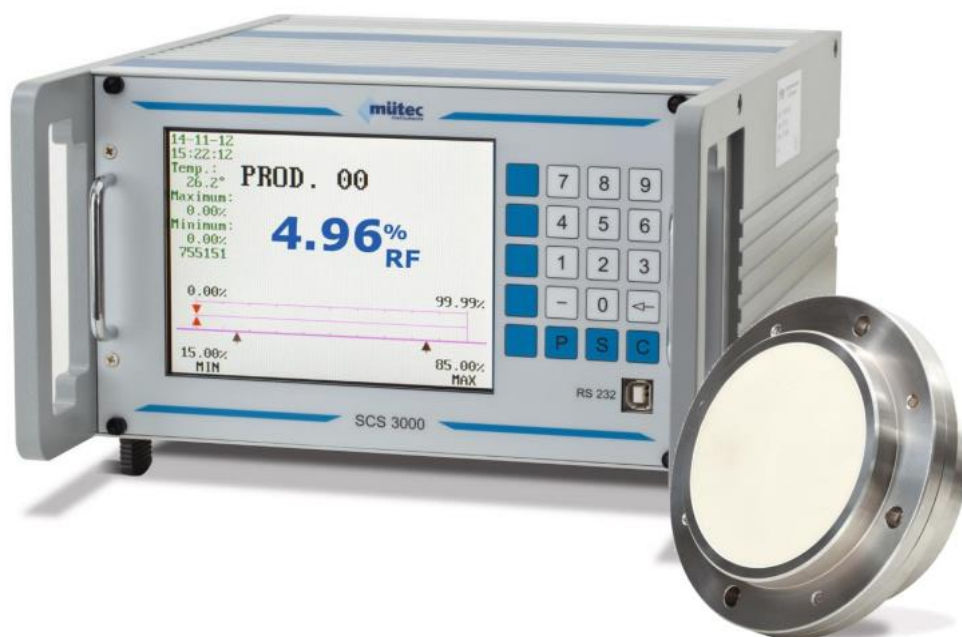
Fuente: Extraído de la pagina del fabricante

Anexo 12. Ficha técnica sensor de humedad Humy 3000

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la contabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

HUMY 3000

Continuous inline moisture measuring system
for bulk materials



HUMY 3000
Moisture
measurement

MF 3000
Mass flow
measurement

FS 510M
Microwave
mass flow
monitoring

FS 600E
Electrostatic
mass flow
monitoring

FS 700E
Triboelectric
dust monitoring

LC 510M
Limit level
monitoring

Fuente: Extraído de la página del fabricante

Application and Function

The moisture in solids is an important parameter which strongly influences the quality of the product and can increase the economic efficiency of a production fundamentally. HUMY 3000 is in many processes successfully in use, e.g. for sugar, tobacco, grain, malt, flour, coal, sand, wood shavings, dried food, fertilizer, powder, pigments and plastic granules.

As installation places conveyor belts, screw conveyors, silos, funnels are particularly suitable. The inline moisture measurement is also possible in batch processes.

At the measuring the relative permittivity and the high-frequency recession of the solid is measured in the high-frequency range.

The measurement procedure makes a short and simple calibration as well as a high precision better than 0.1% possible. The measuring probe transmits the data digitally. This makes the measurement assignment disturbance insensitive and allows a distance of the sensor to the end judging unity up to 1000m.

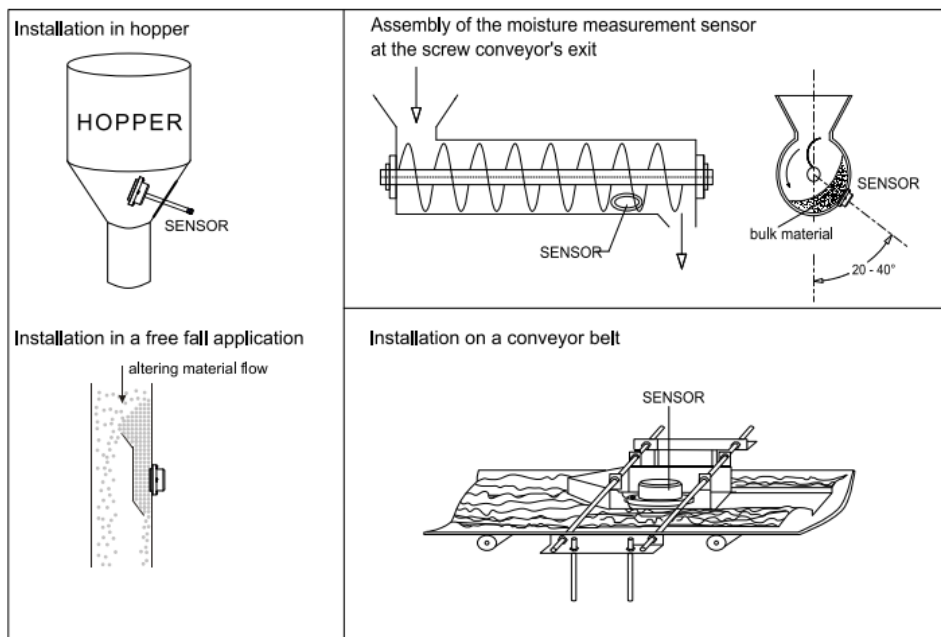
The system supervising itself has an integrated data logger besides an automatic compensation of temperature and ageing drift, digital and alarm exits. On the LC display are represented the measurements analogously and digitally.

A simple control and parameter setting of all functions is carried out via soft keys. For product or process changes different product parameters can be stored.

Main Benefits

- ◆ No samples for the laboratory necessary
- ◆ Saving of energy costs
- ◆ Improvement on the product quality
- ◆ Very short amortization time
- ◆ High selective sensitiveness
- ◆ High measuring speed
- ◆ Precision better than 0.1% (depends on product)
- ◆ Easy and economic installation
- ◆ Fast and simple calibration
- ◆ Optional ATEX-Version for zone 20 and zone 0

Examples for Installations



HUMY 3000 – Inline moisture measurement system for bulk material

Application examples of successfully measured products

Chemistry, pharmacy

Powders, granules, tablets, pasta, foils, fertilizer, phosphate, salt, potash, washing-powder, Styrofoam, synthetic material, PVC, acryl, pigments

Food and semi luxury food

Grain, strength, flour, malt, hop, soya, rape seed, corn, lenses rice, pasta, beans, sugar beets, beet mash, beet pulp, confectionery, cereals, snack meal, raw coffee, food means, fish meal, dried food, potato products, -flour, -chips, -flakes, sauce powders, powdered milks, spices, nuts

Building materials:

Sand/gravel quartz powder-sand, bricks (raw material), ceramic (raw material), plaster

Recycling:

Bio-, sludge, compost

Other:

Wood shavings, wood flour, coal, coal dust, tobacco, foundry sand, glass/ceramic

Applications



Sand



Animal feed



Mounting in discharge screw (wood-fired power plant)



Grain



Cereals



Coal

HUMY 3000
Moisture
measurement

MF 3000
Mass flow
measurement

FS 510M
Microwave
mass flow
monitoring

FS 600E
Electrostatic
mass flow
monitoring

FS 700E
Triboelectric
dust monitoring

LC 510M
Limit level
monitoring

Fuente: Extraído de la página del fabricante

Technical Data

Measuring Unit - Humy 3000

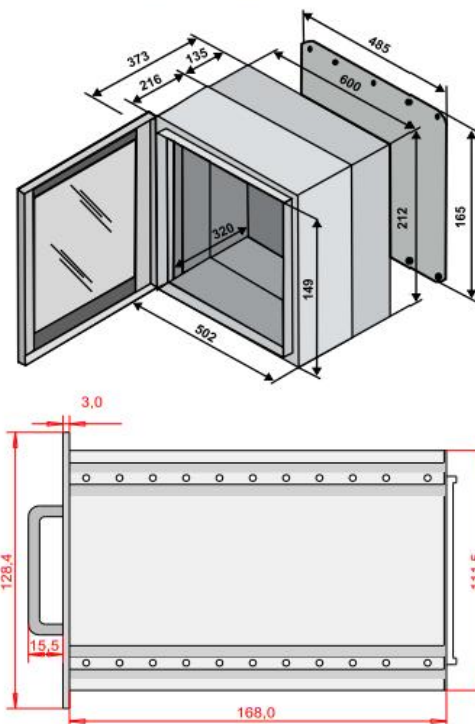
Construction F:	Field-/wall-mounting housing, B 265 x H 240 x T 250, weight approx. 6.500 g, with sight-door IP65
Construction T:	Desk-housing B 236 x H 132 x T 330mm, weight approx. 4.500g, Option panel housing
Construction E:	19"-plugin 3HE / 42 TE, weight approx. 2.000 g
Construction S:	Panel housing with sight door B270 x H183 x T223, IP 58
Indication:	¼ VGA-LC-Display 100 x 77 mm, 320 x 240 colour-pixel. For analogue and digital measurement representation
Display:	Date, time, kind of product, temperature, value of residual, moisture or value of dehydrated substance, Min- and Max-alarm values, analog bar graph indication, dragging pointer width of deviation of measuring value with intensified indication of width of deviation of measuring value, digital indication and description of Min-/Max-limit values and the softkeys
Digital resolution:	20 Bit for 0-85,0% moisture and 15 - 100% dry substance
Measuring range moisture:	Min. 0.02 – 0.10%, max. 0.02 – 90.00%, with 1-, 2- or 3 digits behind the point
Measuring range temperature:	Span min.: 0-5° C Span max.: 0-120° C
Accuracy:	max. 0.1 % in accordance to material to be measured
Handling:	Foil-keyboard with each 4 pcs. 10-Block + Function keys + Softkeys
Averaging time	0-999 sec.
Memory:	User-memory for storage of parameters of 24 different products.
Data logger:	Storage of historical values up to 10 years. Real time clock for measurement record keeping.
Relay output	Normally opened and normally closed contact for each Min- and Max-alarm relay Contact load: 30VDC or 62.5 VAC
Analog output	Measuring value of residual moisture or dehydrated substance 0/4-20 mA (load 750 Ω. measuring value of product temperature, 0/4-20 mA, max. load 750 Ω.
Analog input	mA- and PT 100- input
Digital output	2x galvanic isolated, 24 V open-drain (max. 50mA)
Digital input	2x galvanic isolated, active signals (8-36 V)
Interface	RS 232 with connection for RxD, TxD, OV and RS 485
Power supply	230 V AC / 115 V AC or 24 V AC/DC All supplies can be available simultaneously (230 V AC und 24 V AC/DC or 115 V AC und 24 V AC/DC).

Technical Data

Moisture Sensor

FMS 410 K:	Measuring surface POM
FMS 410 C:	Measuring surface ceramic
FMS 410 T:	Measuring surface PTFE
FMS 410 S:	Measuring surface ceramic (inner cup made by PTFE)
Housing:	Stainl. steel 1.4307
Weight:	Approx. 1.050 g
Protection class:	IP 67 according to EN 60529
Connection	Shielded 4-wires cable, cable: 0.25 up to 0.75 mm ²
Cable length	max. 1000 m with 0.75 mm ²
Process-temperature:	-10° to 90° C
Storage temperature:	140°C with cooling
Power consumption:	0.4 Watt
Signal:	RS 485
Pressure resistance:	Up to 6 bar

Forms of construction:



- Cover: System in desk-housing
- Figure at top: wall housing
- Figure at bottom: 19"-plug in

Mütec Instruments – Easy Measuring. Safe Measuring. Competent Measuring.

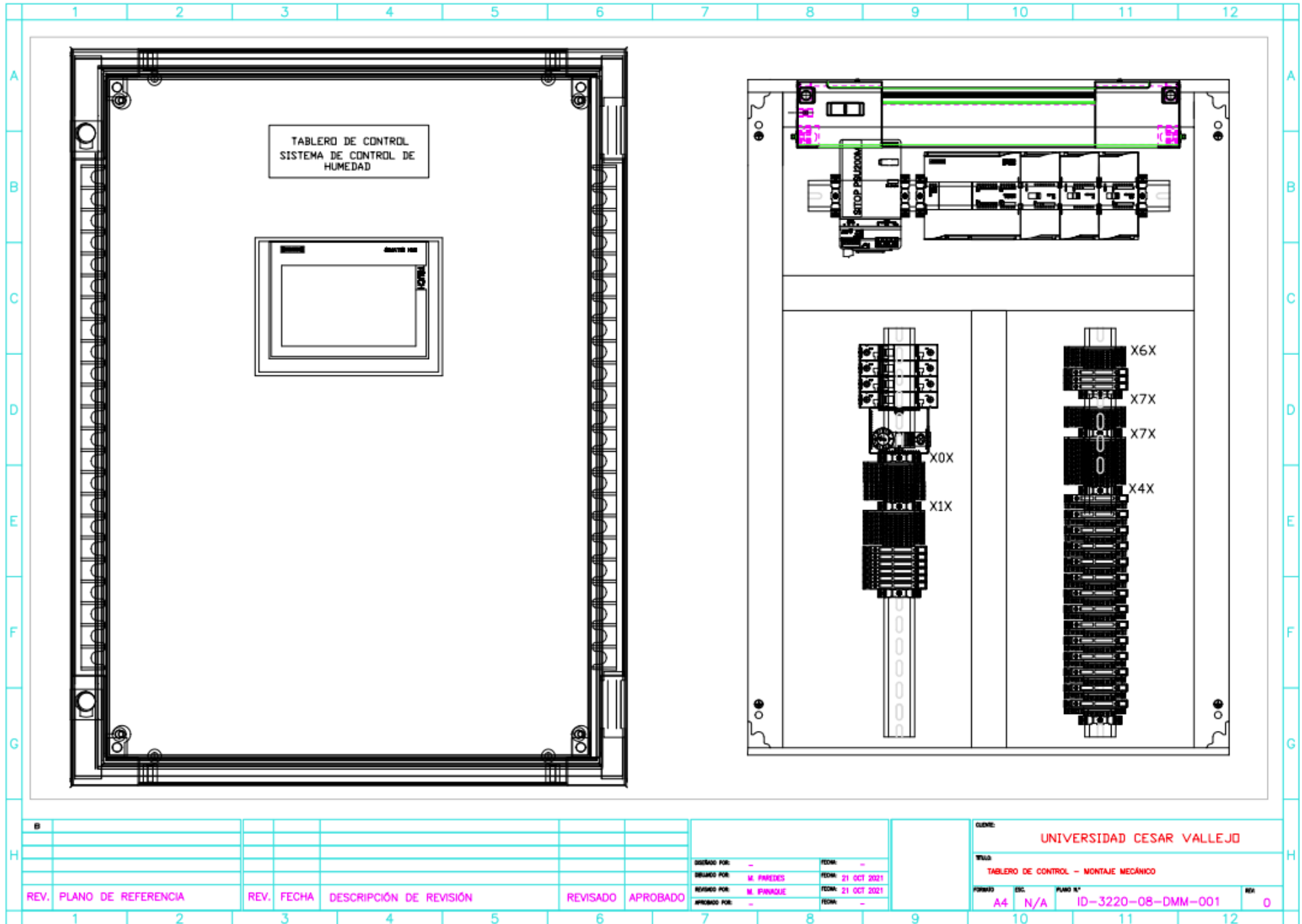
Bei den Kämpen 26
D-21220 Seevetal-Ramelsloh

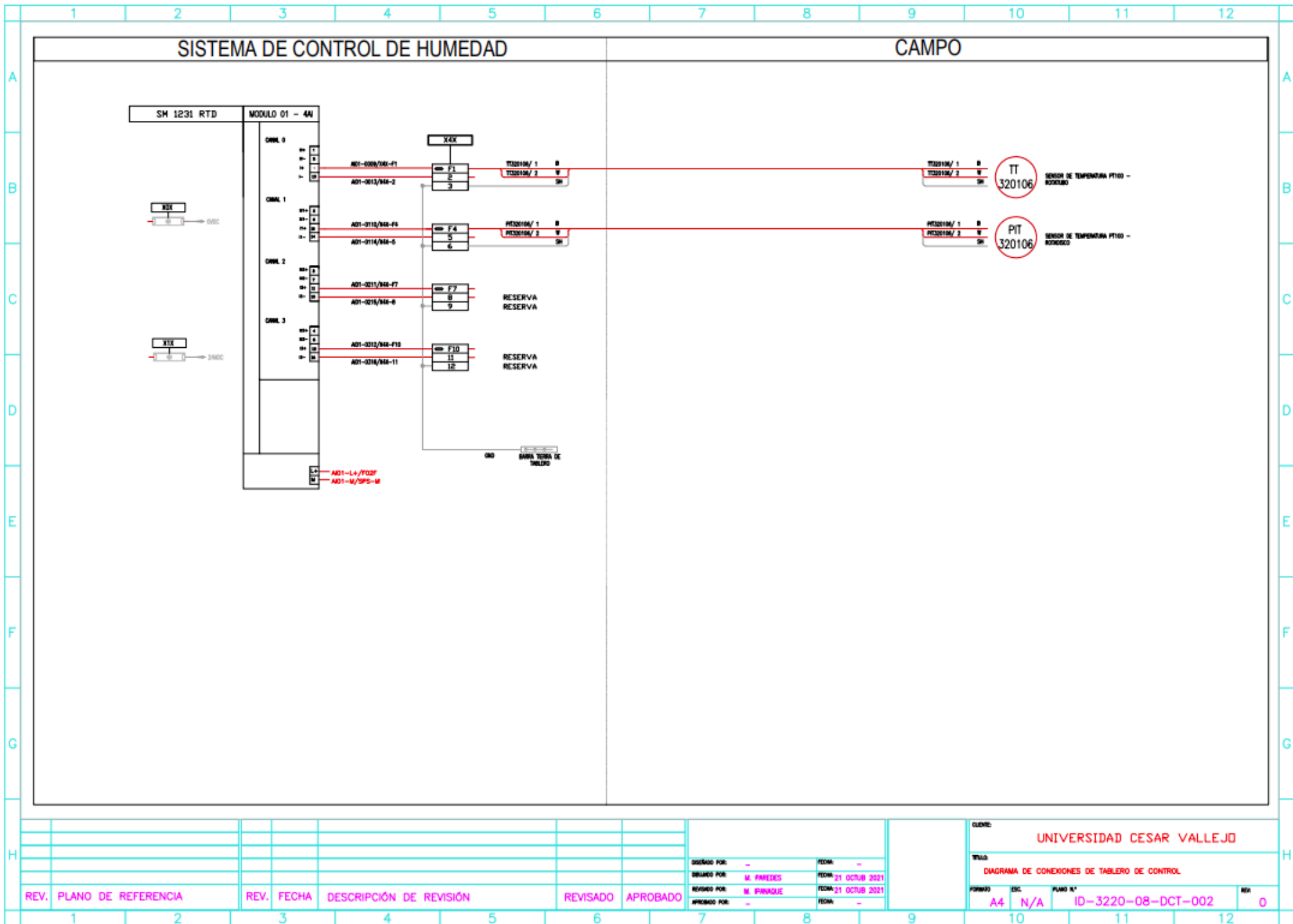
Tel.: +49 4185/8083-0
Fax: +49 4185/8083-80

Mail: muetec@muetec.de
Web: www.mueteec.de

Fuente: Extraído de la página del fabricante

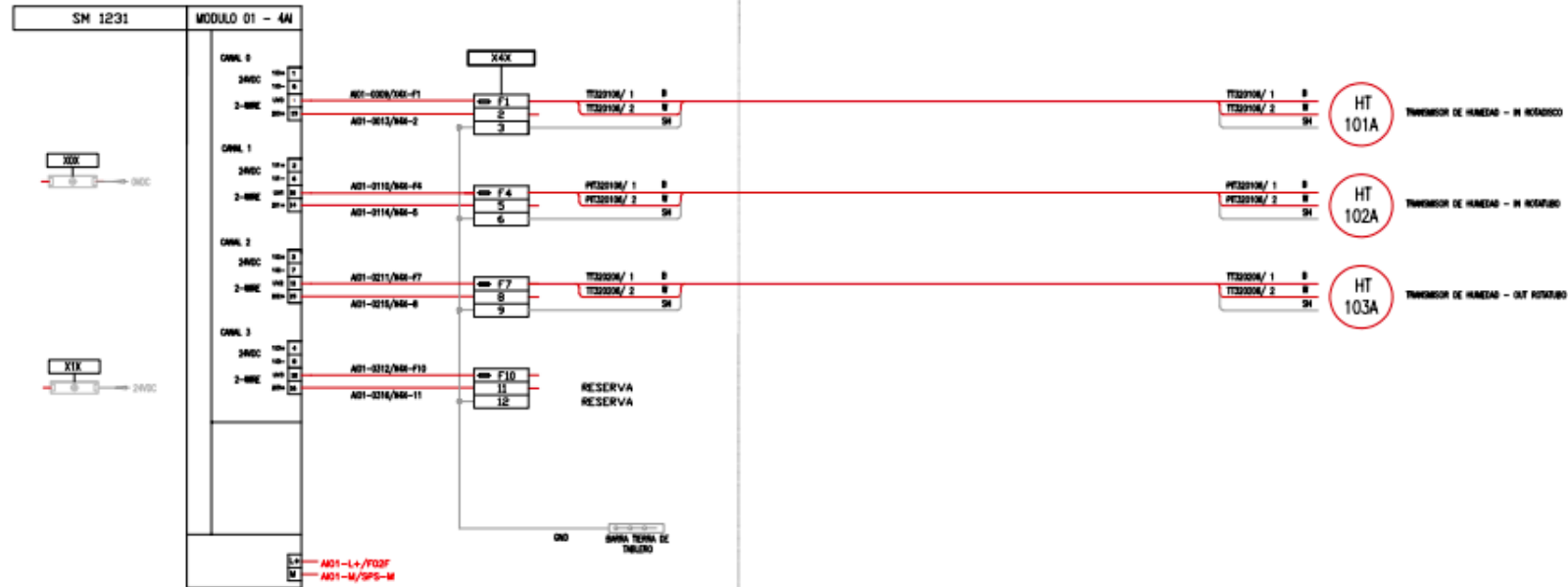
Anexo 13. Tablero de control de humedad – Montaje mecánico





SISTEMA DE CONTROL DE HUMEDAD

CAMPO



						CLIENTE: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO					
						TÍTULO: DIAGRAMA DE CONEXIONES DE TABLERO DE CONTROL					
						FORMATO: A4 ESC: N/A PLANO N°: ID-3220-08-DCT-004 REV: 0					
REV.	PLANO DE REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN DE REVISIÓN	REVISADO	APROBADO	DISEÑADO POR: - DISEÑADO POR: M. PAREDES REVISADO POR: M. PARAGUÉ APROBADO POR: -	FECHA: - FECHA: 21 OCTUB 2021 FECHA: 21 OCTUB 2021 FECHA: -			

Anexo 15. Cronograma de Gantt referencial para implementación del sistema propuesto

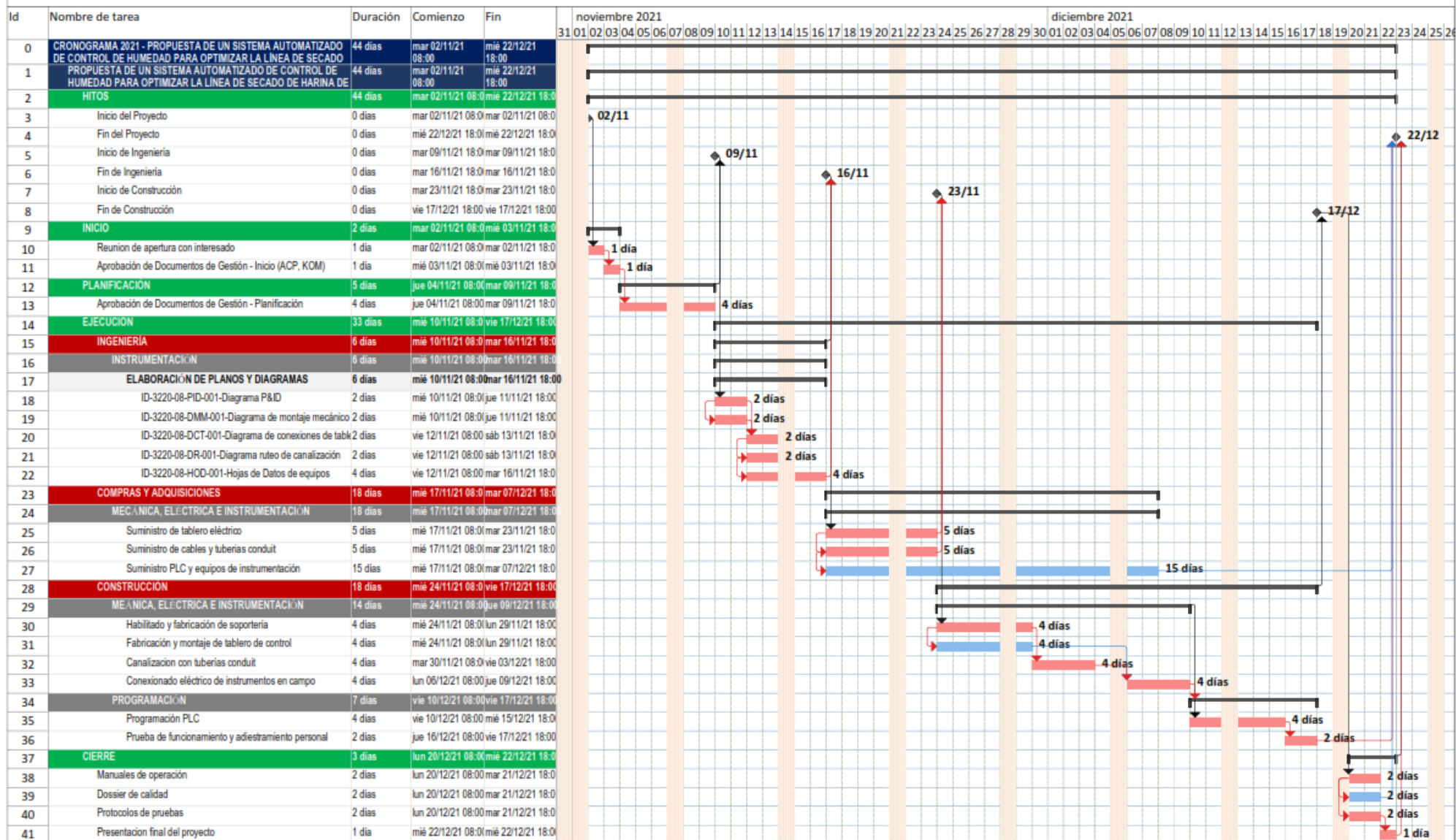
PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE HUMEDAD PARA OPTIMIZAR LA LÍNEA DE SECADO DE HARINA DE PESCADO

Fecha: sáb 23/10/21 01:14



CRONOGRAMA LÍNEA BASE DEL PROYECTO

Cronograma del proyecto



Anexo 16. Presupuesto de Implementación

Presupuesto

Presupuesto	0102001 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE HUMEDAD		
Subpresupuesto	001 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE HUMEDAD		
Cliente	PLANTA PESQUERA	Costo al	01/12/2021
Lugar	ANCASH - SANTA - CHIMBOTE		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL DE HUMEDAD				125,487.23
01.01	OBRAS PROVISIONALES				8,230.00
01.01.01	MOVILIZACIÓN DE PERSONAL, HERRAMIENTAS, EQUIPOS	gfb.	1.00	1,150.00	1,150.00
01.01.02	ALIMENTACIÓN DE PERSONAL	día	20.00	36.00	720.00
01.01.03	PRUEBAS COVID ANTIGENO O MOLECULAR (VALIDEZ 30 DIAS)	pers.	4.00	160.00	640.00
01.01.04	EMO'S, EPPS Y SCTR	pers.	4.00	460.00	1,920.00
01.01.05	SUPERVISOR DE OBRA	día	20.00	100.00	2,000.00
01.01.06	PREVENCIONISTA DE OBRA	día	20.00	90.00	1,800.00
01.02	MONTAJE MECÁNICO DE INSTRUMENTOS				72,121.20
01.02.01	MONTAJE TRANSMISOR DE PRESIÓN MANOMÉTRICO	Und.	2.00	2,624.60	5,249.60
01.02.02	MONTAJE TRANSMISOR DE TEMPERATURA TIPO PT-100	Und.	2.00	1,064.60	2,129.60
01.02.03	MONTAJE DE VÁLVULA DE CONTROL DE VAPOR DE 2"	Und.	2.00	8,295.00	16,590.00
01.02.04	MONTAJE DE SENSOR DE HUMEDAD	Und.	3.00	13,676.60	41,029.80
01.02.05	MONTAJE DE ACTUADOR PROPORCIONAL DE ACCIONAMIENTO LINEAL	Und.	1.00	7,122.20	7,122.20
01.03	SOPORTERIA Y CANALIZADO				18,619.28
01.03.01	HABILITADO Y MONTAJE DE SOPORTES DE INOXIDABLE PARA DUCTOS DE PVC	gfb.	1.00	10,191.25	10,191.25
01.03.02	FABRICACIÓN DE SOPORTE PARA TABLERO DE CONTROL	Und.	1.00	1,563.35	1,563.35
01.03.03	CANALIZADO CON TUBERÍA DE PVC - PESADA	gfb.	1.00	6,864.68	6,864.68
01.04	INSTRUMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN				21,085.75
01.04.01	ARMADO DE TABLERO DE CONTROL DPP DE 1056X852X350 MM	Und.	1.00	16,835.75	16,835.75
01.04.02	FABRICACIÓN DE TABLERO NEUMÁTICO DE DISTRIBUCIÓN	Und.	1.00	3,500.00	3,500.00
01.04.03	Servicio de programación en TIA Portal, para PLC S7-1200	gfb.	1.00	750.00	750.00
01.05	COMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTOS				2,101.00
01.05.01	COMISIONAMIENTO DE VÁLVULA DE INGRESO DE VAPOR	Und.	2.00	210.10	420.20
01.05.02	COMISIONAMIENTO DE COMPUERTA DE DESCARGA	Und.	1.00	210.10	210.10
01.05.03	COMISIONAMIENTO DE SENSOR DE HUMEDAD	Und.	3.00	210.10	630.30
01.05.04	COMISIONAMIENTO DE SENSOR DE TEMPERATURA	Und.	2.00	210.10	420.20
01.05.05	COMISIONAMIENTO DE VARIADOR SINAMICS G120	Und.	1.00	420.20	420.20
01.06	DOSSIER DE CALIDAD				3,330.00
01.06.01	INFORME DE TRABAJOS REALIZADOS	gfb.	1.00	620.00	620.00
01.06.02	PLANOS AS BUILT DE LA INSTALACIÓN (MECÁNICOS, ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS)	gfb.	1.00	1,900.00	1,900.00
01.06.03	CERTIFICADO DE INSTRUMENTOS Y MATERIALES	gfb.	1.00	190.00	190.00
01.06.04	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	gfb.	1.00	620.00	620.00
	COSTO DIRECTO				125,487.23
	GASTOS GENERALES 2.6696%				3,350.01
	UTILIDAD (10%)				12,883.72
	-----				-----
	SUB TOTAL				141,720.96
	IGV (18%)				25,509.77
	-----				-----
	MONTO TOTAL DEL PRESUPUESTO				167,230.73

SON : CIENTO SESENTISIETE MIL DOSCIENTOS TREINTA Y 73/100 SOLES