



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

RESIDENCIA PROFESIONAL
**“DISEÑO DE UNA MONTADURA PARA CELDA DE
CARGA BAJO CONDICIONES DINÁMICAS Y
EXCITACIONES ROTACIONALES”**

LICENCIATURA
INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTA
ANTONIO DE JESÚS GÓMEZ COUTIÑO

ASESOR INTERNO
ING. JOSÉ MANUEL RASGADO BEZARES

ASESOR EXTERNO
M.C. JULIO CÉSAR SÁNCHEZ JIMÉNEZ

CENTRO DE TECNOLOGÍA AVANZADA
CIATEQ A.C.

EL MARQUÉS, QUERÉTARO; A 9 DE MARZO DE 2018.

RESUMEN

La empresa SALMI del Sureste, S.A. de C.V. una empresa de ramo alimenticio, requiere maquinaria en la que su principal labor sea el enrollado y pesado de tiras de chistorra, para su posterior empaquetado y venta al público. Este proceso de enrollado y pesado, semi-automatizado con la ayuda de la maquinaria solicitada, será de gran ayuda para una mayor producción en un menor tiempo y con márgenes de error mínimos (en el pesado de la chistorra) como lo exigen las normas de la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). Por lo que dicha empresa ha encargado este proyecto a CIATEQ, A.C., perteneciente al CONACYT, donde con todo profesionalismo e interés fue aceptado.

Se tiene como objetivo diseñar y fabricar la maquinaria necesaria, que cumpla con todas las normas establecidas, para el enrollado y pesado de tiras de chistorra, así mismo, en este documento, se analizan algunos detalles de los proyectos, diseños, patentes y máquinas en general que se apeguen a las funciones y características del proyecto para lograr con certeza lo que el solicitante requiere.

CIATEQ, A.C. cuenta con un diseño previo, el cual cumple parcialmente con los objetivos establecidos. Durante este reporte, se mencionan los principales problemas que impiden el funcionamiento deseado de este diseño. Es de gran utilidad analizar cada detalle para modificar y mejorar el diseño que cumpla con los requisitos establecidos.

Durante la elaboración 3D de las piezas y modificación de algunas existentes, todo esto por medio del CAD Solidworks, se encuentran inconvenientes y/o complicaciones que impiden el correcto funcionamiento de algunas piezas comerciales, por lo que es necesario la adaptación de algunas piezas de la montura. Una vez logrado el diseño que cumple con todas las características sin interferir en el funcionamiento del resto de la máquina, es necesario la elaboración de los dibujos de fabricación para su posterior manufactura, ensamble y una vez validado su funcionamiento hacer la entrega de la máquina.

Cabe señalar que en CIATEQ, A.C., se hacen cumplir todas las normas de calidad requeridas para maquinaria desempeñada en la industria alimenticia.

INDICE.

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.	13
1.1.- Antecedentes.	13
1.1.1 ¿Qué es la chistorra?	13
1.1.2.- Características	13
1.1.3.- Balanza.....	14
1.1.4.- Condiciones del ambiente	17
1.1.5.- Galgas extensiométricas	17
1.2.- Descripción del área o empresa.	19
1.3.- Planteamiento del problema.	20
1.4.- Justificación.....	21
1.5.- Objetivos.	21
1.5.1.- Objetivo general.....	21
1.5.2.- Objetivos específicos.	22
1.6.- Hipótesis.	22
CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.....	23
2.1.- Errores de medición.	23
2.1.1.- Errores sistemáticos.....	23
2.1.2.- El factor humano.....	23
2.1.3.- Factores ambientales.....	23
2.2.- Patentes relacionadas.	24
2.2.1.- Sistema de pesaje dinámico.	24
2.2.2.- “Winding device for winding up and unwinding a tube, cable or hose”.25	
2.2.2.- “Fiber optic cable winding tool”	29
CAPÍTULO 3.- INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA.	33

3.1.- Análisis de requisitos del cliente.	33
3.2.- Primer modelo general del proyecto.	34
3.2.1- Diseño previo de montura.	35
3.3.- Celda de carga.	35
3.4.- Pruebas en el prototipo funcional.	37
3.5.- Modificaciones en la secuencia de operación.	42
3.6.- Error en lecturas.	43
3.7.- Diseño para validar repetitividad de lecturas.	44
3.8.- Premisas de diseño.	47
3.9.- Generación de modelos CAD.	48
3.9.1.- Adaptación de la estructura.	48
3.9.2.- Diseño de piezas.	50
3.9.3.- Elaboración de sub-ensambles.	52
3.9.4.- Características de los materiales comerciales.	53
CAPÍTULO 4.- INGENIERÍA DE DETALLE.	55
4.1.- Dibujos de fabricación.	55
4.2.- Acabado superficial y tolerancias de las piezas.	59
4.3.- Manufactura y ensamble.	61
4.3.1.- Estructura rediseñada.	61
4.3.2.- Manufactura de piezas.	61
4.3.3.- Sub-ensambles.	66
4.3.4.- Precisión en el montaje.	69
CAPÍTULO 5.- RESULTADOS.	71
5.1.- Pruebas de repetitividad de celda de carga.	71
5.3.- Pruebas de incremento de peso dinámico.	72

5.2.- Pruebas de arrastre sin peso.....	74
5.4.- Pruebas posteriores a alineación y asentamiento del mecanismo.	75
5.4.1.- Prueba 2 de repetitividad de celda de carga.	76
5.4.2.- Prueba 2 de arrastre sin peso.	77
5.4.3.- Prueba 2 de incremento de peso dinámico.	77
5.5.- Pruebas con otros principios.	78
5.5.1.- Prueba 3 de incremento de peso dinámico.	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
ANEXO.	82
REFERENCIAS.	88

ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1.- Tiras de chistorra preparadas.	13
Fig. 2.- Preparación de la mezcla.....	13
Fig. 3.- Tipos de balanzas mecánicas.....	15
Fig. 4.- Componentes principales de las balanzas digitales.	17
Fig. 5.- Esquema del puente de Wheatstone.	19
Fig. 6.- Sección horizontal del diseño.....	26
Fig. 7- Sección vertical del diseño a través de una línea en la Fig. 6.	27
Fig. 8- Detalle de una sección vertical del diseño.....	28
Fig. 9.- Vista en planta superior Fig. 1 y vista en alzado frontal Fig. 2.	29
Fig. 10.- Vista en planta inferior.....	30
Fig. 11.- Vista inferior de la herramienta de arrollamiento del cable de fibra óptica.	31
Fig. 12.- Método de enrollado desde el extremo.	34
Fig. 13.- Diseño previo.	34
Fig. 14.- Modelo previo de montura presentado.	35
Fig. 15.- Celda de carga montada en el diseño.	36
Fig. 16.- Ubicación de elemento para liberar o bloquear el plato dinámico.....	37
Fig. 17.- Usando bloqueo de giro del plato dinámico.....	38
Fig. 18.- Usando giro libre del plato dinámico.....	38
Fig. 19.- Plato expulsador.	39
Fig. 20.- Gráfica del primer bloque de pruebas.	40
Fig. 21.- Gráfica del segundo bloque de pruebas.....	41
Fig. 22.- Secuencia de operación actual.	42
Fig. 23.- Secuencia de operación modificada.....	42
Fig. 24.- Grafica de pruebas modificando secuencia de operación.	43
Fig. 25.- Problema durante el proceso de enrollado de chistorra.	43
Fig. 26.- Distribución de fuerzas resultante del enrollado de chistorra.....	44
Fig. 27.- Posición de servo previo y durante el proceso de enrollado.	44
Fig. 28.- Posibles posiciones de la chistorra después del proceso de enrollado...	45
Fig. 29.- Pruebas 4, 5, 6 y 9 usando el mismo trozo de chistorra.	46

Fig. 30.- Pruebas 13 a 18.....	46
Fig. 31.- Secuencia de operación modificada respecto a las últimas pruebas.....	47
Fig. 32.- Estructura anterior.....	49
Fig. 33.- Estructura después de pasar por el área de corte.	49
Fig. 34.- Nuevo modelo de estructura.	50
Fig. 35.- Modelo 3D pieza después del proceso de pailería.	51
Fig. 36.- Modelo 3D pieza después del proceso de maquinado.	51
Fig. 37.- Sub-ensamble. Soporte fijo superior.	52
Fig. 38.- Modelo de ensamble 3D realizado en Solidworks.	53
Fig. 39.- Catálogo de Cilindros de la marca SMC.....	54
Fig. 40.- Catálogo de Guías lineales de la marca Thomson.	54
Fig. 41.- Plano de fabricación de la estructura.	55
Fig. 42.- Soporte celda de carga. Material: Acero inox. AISI 304.	56
Fig. 43.- Placa central. Material: Acero inox. AISI 304.....	56
Fig. 44.- Perno central fijo. Material: Naylamid blanco.....	57
Fig. 45.- Plano de fabricación para un sub-ensamble.....	57
Fig. 46.- Sub-ensamble soldadura. Base soldada.	58
Fig. 47.- Plano de fabricación del ensamble de la montura.	59
Fig. 48.- Plano de fabricación con especificación para acabados y tolerancias....	60
Fig. 49.- Estructura rediseñada para la nueva montura.....	61
Fig. 50.- Soporte de disco superior. Material: Acero inox. AISI 304.....	62
Fig. 51.- Pieza de enlace pernos-servo. Material: Nylamid blanco.	62
Fig. 52.- Eje principal. Material: Acero inox. AISI 304.....	63
Fig. 53.- Disco giratorio superior. Material: Acero inox. AISI 304.....	63
Fig. 54.- Disco giratorio inferior. Material: Acero inox. AISI 304.....	64
Fig. 55.- Soporte perno central. Material: Acero inox. AISI 304.	64
Fig. 56.- Cartabón. Material: Acero inox. AISI 304.	65
Fig. 57.- Algunos de los instrumentos de medición y maquinarias utilizados.....	65
Fig. 58.- Sub-ensamble de soldadura. Base de la montura.....	66
Fig. 59.- Datos técnicos del electrodo 308L.	66
Fig. 60.- Sub-ensamble. Eje central.	67

Fig. 61.- Sub-ensamble. Base celda de carga.....	67
Fig. 62.- Sistema de pesaje y enrollado completo.	68
Fig. 63.- Alineación con servo de sistema de pesaje y enrollado.	68
Fig. 64.- Ajuste en posición de celda de carga.	69
Fig. 65.- Ajuste en posición de placa superior de celda de carga.	69
Fig. 66.- Verificación de alineación contra centro de servo.....	70
Fig. 67.- Montura para enrollar y pesar chistorra.....	71
Fig. 68.- Prueba de repetitividad de celda de carga.	72
Fig. 69.- Mecanismo montado en estructura para prueba.	73
Fig. 70.- Método usado para prueba de incremento de peso.	73
Fig. 71.- Prueba de incremento de peso. Prueba dinámica.	74
Fig. 72.- Prueba de giro sin peso.	74
Fig. 73.- Acabados y ensamblado de piezas a estructura.	75
Fig. 74.- Pruebas de repetitividad con peso muerto.	76
Fig. 75.- Gráfica de lectura arrojada por la celda de carga. Servo girando.	77
Fig. 76.- Condiciones de prueba.	77
Fig. 77.- Prueba de enrollado con incremento de peso.	78
Fig. 78.- Pieza de acetal ensamblada.	79
Fig. 79.- Tornillo insertado en servomotor para transmisión de giro.	79
Fig. 80.- Principios de prueba 3 con incremento de peso.	80
Fig. 81.- Prueba 3 de enrollado con incremento de peso.	80
Fig. 17.- Usando bloqueo de giro del plato dinámico.....	82
Fig. 18.- Usando giro libre del plato dinámico.....	82
Fig. 20.- Gráfica del primer bloque de pruebas.	83
Fig. 21.- Gráfica del segundo bloque de pruebas.....	83
Fig. 24.- Grafica de pruebas modificando secuencia de operación.	84
Fig. 29.- Pruebas 4, 5, 6 y 9 usando el mismo trozo de chistorra.	84
Fig. 30.- Pruebas 13 a 18.....	85
Fig. 68.- Prueba de repetitividad de celda de carga.	85
Fig. 71.- Prueba de incremento de peso. Prueba dinámica.	86
Fig. 72.- Prueba de giro sin peso.	86

Fig. 74.- Pruebas de repetitividad con peso muerto.	86
Fig. 75.- Gráfica de lectura arrojada por la celda de carga. Servo girando.	87
Fig. 77.- Prueba de enrollado con incremento de peso.	87
Fig. 81.- Prueba 3 de enrollado con incremento de peso.	87

GLOSARIO

SolidWorks: es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 2D y 3D.

Galgas: Son sensores cuya resistencia varía con la fuerza aplicada. Estos sensores convierten la fuerza, presión, tensión, peso, etc., en un cambio de la resistencia eléctrica el cual puede ser medido.

Asentamiento: Colocación o establecimiento de una cosa en un lugar de manera que quede firme.

Servomotor: También llamado servo es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición, puede ser controlado tanto en velocidad como en posición.

Pailería: Se llama pailería a una especialidad profesional de la rama de fabricación mecánica que tiene como función principal la construcción de depósitos aptos para el almacenaje y transporte de sólidos en forma de granos, líquidos y gas así como todo tipo de construcción naval y estructuras metálicas.

Perno: Pieza metálica cilíndrica, larga y de cabeza redonda que se asegura por el extremo opuesto con una tuerca, una chaveta o un remache, para afirmar piezas de gran volumen.

Tripa natural: Las tripas son el intestino del cerdo o del cordero y se usan para hacer embutidos y salchichas.

Tripa de plástico: También se conocen como tripas de merma cero, tripas de poliamida o incluso tripas nylon. Una de las principales características de estas envolturas termo-contraíbles de alto rendimiento, son sin duda sus propiedades de barrera las cuales protegen al producto interior de toda clase de agentes externos durante largos periodos de tiempo.

Transductores: Son aquellas partes de una cadena de medición que transforman una magnitud física en una señal eléctrica. Los transductores son especialmente importantes para que los medidores puedan detectar magnitudes físicas.

Piezorresistividad: Es la propiedad de algunos materiales conductores y semiconductores, cuya resistencia eléctrica cambia cuando se los somete a un esfuerzo o estrés mecánico (tracción o compresión) que los deforma.

Controlador PID: El Controlador Proporcional-Integral-Derivativo es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado.

Inserción: Acción de insertar o inserir.

Premisas: Es cada una de las proposiciones anteriores a la conclusión de argumento.¹ En un argumento válido, las premisas implican la conclusión.

Dummie: Un *dummy*, *mock-up* o *prototipo* es un empaque o envase físico que simula el producto final.

Cizalladura: Fuerza interna que desarrolla un cuerpo como respuesta a una fuerza cortante y que es tangencial a la superficie sobre la que actúa. También llamado esfuerzo cortante.

Cuñero: Las cuñas se usan para evitar el movimiento relativo entre una flecha y elementos de máquinas tales como engranes, poleas, ruedas dentadas, levas, palancas, volantes, impulsores, etc.

Cola de Milano: Se conoce con el nombre de cola de pato o cola de milano, al corte dado en el extremo de un madero o de una pieza de piedra o de metal, en forma de trapecio, más ancha por la cabeza que por el arranque

Acetal: El Polioximetileno (POM), Polióxido de metileno, también llamado Poliactal, Acetal o Poliformaldehído es un termoplástico cristalino de alta rigidez, usado en piezas de precisión que requieren alta rigidez, baja fricción y una excelente estabilidad dimensional.

Colapsibles: Capaz de colapsar o ser derrumbado.

Vista explosionada: El despiece o vista explosionada es un método de representación gráfica para dar información sobre el montaje de sistemas.

Holguras: Dimensión superior a la necesaria o conveniente.

Estanqueidad: es una cualidad por la que determinamos si algo tiene fugas o posibilidad de tenerlas, o no. O sea, si tenemos estanqueidad, no hay fugas; si no hay estanqueidad, tenemos fugas

Burdo: Que está hecho con poco cuidado o delicadeza y resulta mal terminado, imperfecto o tosco.

Nylamid: Familia de las Poliamidas (PA) Nylon. Su combinación de propiedades mecánicas y eléctricas además de su amplia gama de presentaciones y medidas, lo han hecho el material ideal para la fabricación de diversas piezas en el ramo industrial.

Cartabón: Instrumento de dibujo lineal hecho de madera, metal o plástico y que tiene forma de triángulo rectángulo escaleno con ángulos de 30 y 60 grados, con el cateto mayor generalmente graduado.

Reset: Se conoce como reset a la puesta en condiciones iniciales de un sistema. Este puede ser mecánico, electrónico o de otro tipo.

Desensamblado: Participio de desensamblar o de desensamblarse.

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.

1.1.- Antecedentes.

1.1.1 ¿Qué es la chistorra?

La chistorra es un embutido de origen Vasco, muy consumido en España y en los países con influencia española. Consiste de una mezcla de carne de cerdo molida o picada, a veces con una mezcla de carne de cerdo y de res, que va especiado con pimentón o paprika (por eso su color rojo), sal, ajo y distintas hierbas (Fig. 1). La chistorra casi siempre se consume asada o frita.



Fig. 1.- Tiras de chistorra preparadas.

1.1.2.- Características

La chistorra se caracteriza por ser un embutido que suele curarse en muy poco tiempo (se estabiliza solo durante 24 horas entre los 2 y 8 °C), siendo además la carne embutida en tripa natural o de plástico. El producto curado suele ser bastante más delgado que un chorizo, además de no llegar a sobrepasar un diámetro de entre 19-25 cm de diámetro. Está elaborado probablemente en su origen histórico con los restos menos agradables de una matanza que, quizá por razones climáticas o económicas, se realizaba poco antes de la llegada del invierno. El ingrediente principal eran los pulmones del cerdo (Fig. 2).



Fig. 2.- Preparación de la mezcla.

Hoy en día, gracias a los grandes avances tecnológicos, existe una gran variedad de máquinas para la producción de chistorra desde el proceso de molienda de la carne hasta el embutido y el empaquetado. También existen empresas que se han dedicado a la elaboración de maquinaria para todo este proceso, un ejemplo de estas empresas podría ser METALQUIMIA situada en Girona, España y fundada en 1971, la cual está considerada por sus clientes como líder global en tecnología y fabricación de líneas completas para la elaboración de productos cárnicos.

Otra empresa dedicada a la comercialización de equipos para productos cárnicos es HOLTON que es una empresa 100% mexicana dedicada a la comercialización de equipos profesionales para la industria alimentaria ofreciendo soluciones en refrigeración, cocción, pesaje, procesamiento y exhibición de alimentos contando con las mejores marcas nacionales y de importación.

1.1.3.- Balanza.

La balanza es un instrumento que mide la masa de un cuerpo o sustancia, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo. Dependiendo del trabajo que se quiera realizar, se selecciona el tipo de balanza más adecuada en cuanto a sensibilidad y rapidez en el pesaje. La sensibilidad de una balanza depende de su capacidad: una balanza diseñada para pesar kilogramos difícilmente tendrá la sensibilidad necesaria para tener reproducibilidad en pesadas de miligramos. En el laboratorio se utiliza la balanza para efectuar actividades de control de calidad –con dispositivos como las pipetas-, para preparar mezclas de componentes en proporciones predefinidas y para determinar densidad o pesos específicos.

Las balanzas analíticas modernas, que pueden ofrecer valores de precisión de lectura de 0,0001 g a 0,1 g, están bastante desarrolladas de manera que no es necesaria la utilización de cuartos especiales para la medida del peso. Aun así, el simple empleo de circuitos electrónicos no elimina las interacciones del sistema con el ambiente. De éstos, los efectos físicos son los más importantes porque no pueden ser suprimidos.

Las balanzas se diferencian entre sí por el diseño, los principios utilizados y los criterios de metrología que utilizan. En la actualidad podría considerarse que existen dos grandes grupos: las balanzas mecánicas y las balanzas electrónicas.

Mecánicas: Una balanza mecánica (Fig. 3) no requiere electrónica para pesar algo. La balanza mecánica fue el primer instrumento de medición que se utilizó para pesar mercancías. Para determinar el peso se usaban contrapesos. Por eso la balanza mecánica era algo incomoda de usar. El desarrollo siguiente de la balanza fue el de sustituir el contrapeso por muelles. Los muelles tienen una determinada resistencia, estos bajo una determinada carga muestran en la balanza un determinado peso en su escala telemétrica de la esfera.

- Por contrapeso, con un mecanismo de palancas que transforma la fuerza correspondiente al peso del objeto a medir en un momento de fuerzas, que se equilibra mediante el desplazamiento de un pión a lo largo de una barra graduada, desde donde se lee el peso (principio de funcionamiento similar al de una balanza romana).
- Con muelle elástico, basadas en la deformación elástica de un resorte que soporta la acción gravitatoria del peso del objeto a medir, en lugar de realizar una comparación de masas.



Por contrapeso



Balanza romana



Con muelle elástico

Fig. 3.- Tipos de balanzas mecánicas.

Electrónicas o digitales: La balanza digital es la contrapartida de la balanza analógica. Ésta es más precisa y fácil de usar, incluso mientras tanto se han vuelto también más económicas que la mayoría de los modelos de balanza analógica. Esto y la cantidad de funciones adicionales han provocado que la balanza digital haya

sustituido a la balanza analógica en el mercado. A pesar de todo, la balanza analógica también tiene sus ventajas y se aprecian en muchas áreas de trabajo tanto en la industria como en el laboratorio. Así por ejemplo la balanza analógica tiene una vida útil más larga, menos mantenimiento y es más autosuficiente que la balanza digital.

A través de una pantalla de fácil lectura, muestran la masa del objeto que se pesa. Los resultados son más precisos y pueden ser a corriente o batería.

Se componen principalmente de los siguientes elementos (Fig. 4):

- Receptor de carga o plataforma.
- Celda de carga.
- Caja de unión (si utiliza más de una celda de carga).
- Indicador de peso.

Debajo de la plataforma, se encuentran sensores conocidos como transductores de fuerza o celdas de carga, las cuales consisten en una o varias piezas de metal a la que se adhieren galgas extensiométricas. Éstas cambian su resistencia eléctrica al traccionarse o comprimirse con la deformación de la pieza metálica que soporta el peso del objeto. El material de las celdas está calculado para que trabaje en su zona elástica, es decir, que la deformación que sufre afecta a las galgas extensiométricas al momento de someterse a una fuerza y esta regresa a su forma original sin sufrir una deformación permanente al retirar dicha fuerza.

La señal eléctrica proveniente de las celdas de carga llega a una caja de unión donde estas señales son acondicionadas en magnitud para enviar una sola señal, esto con el fin de asegurar que las cargas aplicadas en los diferentes puntos de apoyo (donde están colocadas las celdas) produzcan señales que se encuentren dentro de las tolerancias o errores permitidos para la lectura de peso.

La señal resultante de la caja unión es enviada a un dispositivo electrónico de lectura de peso, mejor conocido como indicador de peso. El indicador es el encargado de convertir la señal analógica de las celdas de carga en una señal digital

mediante un convertidor análogo/digital (A/D), el cual envía esta señal como datos digitales a un microcontrolador.

Es en el indicador de peso donde se realiza el ajuste del equipo, y por medio de una medición indirecta se utiliza una masa patrón calibrada para comparar la lectura del indicador y en caso de diferencia, establecer como referencia para igualar la lectura y así ajustar la medición del mismo.



Fig. 4.- Componentes principales de las balanzas digitales.

1.1.4.- Condiciones del ambiente

Cuando se opera con una balanza, no solo hay que tener en cuenta el lugar donde se colocará sino también el cuarto mismo donde estará y, asimismo, las condiciones ambientales de las cuales dependerán los resultados. Se recomienda, entonces, que la sala donde se encuentre la báscula se mantenga a una temperatura constante, sin demasiadas variaciones. La humedad, a su vez, debe mantenerse entre un 45% y un 60% (esto hay que monitorearlo de manera permanente). Por otro lado, se debe impedir por todos los medios una incidencia de luz solar que dé directamente sobre el instrumento de medición. Esto va ligado a otra recomendación de importancia que tiene que ver con no realizar el pesaje o la obtención de las medidas cerca de zonas donde puedan encontrarse irradiadores de calor. Al mismo tiempo, se recomienda evitar la medición cerca de aire acondicionado, computadoras o de la puerta de la sala.

1.1.5.- Galgas extensiométricas

Una galga extensiométrica es un dispositivo que se basa en el efecto piezorresistivo, el cual es una propiedad de algunos materiales, que cambian la resistencia eléctrica

cuando se le someten a ciertos esfuerzos o se deforman en dirección de los ejes mecánicos.

Los primeros estudios realizados sobre galgas se registran en el año 1856 cuando Lord Kelvin hizo el primer aporte sobre la relación existente entre la deformación y la resistencia de hilos conductores y semiconductores, notó como cambiaba su resistencia eléctrica. A principios de la década de 1930 Charles Kearns usó las galgas extensiométricas para medir deformaciones vibratorias en hélices de cuchillas de alto rendimiento; sin embargo estas galgas no eran muy precisas, teniendo problemas en la estabilidad de la resistencia (R), la cual era afectada por factores como la temperatura, generando errores en las medidas de las deformaciones. Más tarde en 1938 Arthur C. Ruge y Edward E. Simmons trabajaron independientemente y descubrieron que los conductores eléctricos de diámetro pequeño hechos de aleaciones podían ser adheridos a superficies para calcular deformaciones, creando en este momento las galgas laminares. Este tipo de elemento ha tenido grandes avances y constituye lo que hoy se conoce como galgas extensiométricas.

En 1952 la compañía de Reino Unido Saunders-Roe buscó mejorar el rendimiento de las galgas sometiéndolas a diferentes ambientes y probando diferentes tipos de materiales para su fabricación. Patentaron las delgadas galgas que se utilizan actualmente en la medición de deformaciones, en diferentes áreas industriales y científicas. De esta manera se pudo mejorar el modelo físico de la galga, reduciendo notablemente el tamaño y los costos.

En 1843 Samuel Hunter Christie inventó el instrumento eléctrico de medida de resistencias conocido como el puente de Wheatstone, debido a que fue mejorado y popularizado por el científico británico Charles Wheatstone en 1843. El modelo eléctrico está conformado de cuatro resistencias en un circuito cerrado, en donde una de las resistencias es la que se quiere evaluar siendo esta la resistencia bajo media (Fig. 5). Este se utiliza con el fin de medir la resistencia mediante el equilibrio de los brazos del puente. Charles Wheatstone fue un científico e inventor británico que durante la época victoriana realizó una gran contribución con sus inventos, de los cuales el más significativo es el puente de Wheatstone, pero

además trabajó en otros inventos como el Estereoscopio, la técnica Playfair de codificación y el caleidófono.

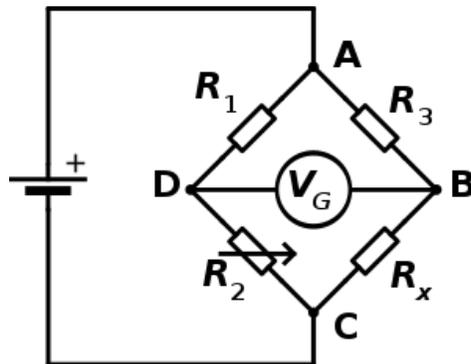


Fig. 5.- Esquema del puente de Wheatstone.

1.2.- Descripción del área o empresa.

CIATEQ, A.C. es un centro de tecnología dedicado a la investigación, diseño e innovación tecnológica en las áreas metalmecánica, metalúrgica y electrónica que fue creado el 9 de noviembre de 1978. El desarrollo tecnológico y la modernización industrial constituyen su marco referencial. Sus actividades están encaminadas a solucionar problemas de la industria, proporcionándole a ésta el apoyo tecnológico que le brinde la ventaja competitiva en el mercado, respecto a calidad y precio. CIATEQ, A.C. es una de las 27 instituciones de investigación científica y desarrollo tecnológico que integran el sistema de centros SEP - CONACYT (Secretaría de Educación Pública del Gobierno Federal; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). Cuenta con más de 500 personas colaborando en proyectos para fortalecer la industria y más de 100 mil m² de infraestructura con presencia en 8 estados en las cuales alberga áreas de investigación y laboratorios de construcción mecánica, metalurgia, fundición, electrónica y metrología.

Una de las ventajas que ofrece CIATEQ, A.C. a sus clientes consiste en el hecho de ser multidisciplinario, lo que le permite realizar desarrollos en varias especialidades bajo una misma coordinación, y en caso de proyectos complejos, apoyarse en otros centros de los que conforman el citado Sistema SEP- CONACYT. Para lograr su misión y apoyar a la industria nacional a mejorar su productividad, competitividad y calidad, CIATEQ, A.C. realiza investigación, desarrollo tecnológico

y consultoría en maquinaria, productos, sistemas y procesos industriales. CIATEQ, A.C. se enfoca a las industrias metalmecánica y metalúrgica y usuarias de ellas, como la azucarera, de autopartes, construcción, agroindustria, papelera y de energía, entre otras. Los proyectos de desarrollo tecnológico se orientan a la solución de los requerimientos de modernización de la industria mediante servicios integrales, prácticos, innovadores y oportunos. CIATEQ, A.C. ha colaborado con más de 3,800 clientes en México y ocasionalmente exportado tecnología y productos tecnológicos, realizado más de 3,800 proyectos para la industria y ha proporcionado más de 51,000 servicios tecnológicos.

CIATEQ, A.C., consciente de que el mercado cada vez demanda mayores niveles de calidad y de confianza, ha decidido apoyarse en los esquemas de sistemas de aseguramiento de calidad de las normas ISO serie AS 9100C, como herramienta técnico-administrativa que le permita mantener y mejorar su presencia competitiva a través de la calidad consistente y demostrable de sus proyectos y servicios, tanto en el marco nacional como internacional, y tener una base cuantificable de sus actividades fundamentales para establecer los mecanismos de mejora continua.

1.3.- Planteamiento del problema.

En la industria, los tiempos de producción son muy importantes, al minimizar estos, se garantiza una mayor eficiencia en la obtención del producto final, esto se puede lograr, automatizando los procesos y/o reduciendo los tiempos muertos entre ellos.

El empaquetado es también un punto muy importante dentro de la industria, es gracias a este proceso que se pueden llegar a reducir gasto de transporte y almacén. En la industria alimenticia como en la mayoría, es común estos tiempos muertos y de almacén.

Para la empresa SALMI del Sureste, S.A. de C.V., ubicada en Comalcalco, Tabasco, dedicada a la producción de chistorra y otra variedad de embutidos, es de vital importancia tener procesos con mayor eficiencia, lo cual no es posible al necesitar personal para pesar y posteriormente enrollar la chistorra. Durante estos procesos, han notado la presencia de tiempo muerto y la variedad de lecturas del peso final

de la chistorra, que en conjunto, hacen del proceso más tardado y por lo tanto menos eficiente. Por lo que ha solicitado a CIATEQ, A.C. el diseño de maquinaria que pueda permitir hacer estos dos procesos (pesar y enrollar) al mismo tiempo.

En una primera presentación de la maquinaria solicitada, la maquinaria presentó inconsistencias en las lecturas de la celda de carga. En esta nueva intervención, se ha solicitado el rediseño de la montura encargada de pesar y enrollar la chistorra, tomando en cuenta las dificultades y factores que impedían el buen funcionamiento del primer diseño, haciendo también las modificaciones necesarias en la estructura de la maquinaria para poder ensamblar correctamente el nuevo diseño de la montura.

1.4.- Justificación.

Se desea eliminar tiempos muertos y lograr una mayor eficiencia en los procesos de producción de chistorra; al tener maquinaria que permita hacer dos acciones a la vez, elimina también gastos innecesarios en personal. Al estar automatizado, se garantizan lecturas dentro del rango de aceptación según las normas establecidas. De acuerdo a la demanda de chistorra, es necesario tener mayor cantidad de artículos disponibles a la venta, lo que solo se logrará con la implementación de esta maquinaria solicitada.

En la actualidad, se cuenta con un diseño que resuelve parcialmente este problema y donde esta nueva intervención se centra en el rediseño de la montura para el enrollado y pesado de la chistorra, buscando así el funcionamiento adecuado de toda la maquinaria.

1.5.- Objetivos.

1.5.1.- Objetivo general

- Diseñar y fabricar un dispositivo para pesaje y enrollado de tiras de chistorra de manera semiautomática en empaques de 350 y 500 gr, con una tolerancia de 10.5 gr, para la masa de 350 gr, y 15 gr para las presentaciones de 500 gr, de acuerdo a la norma NOM-002-SCFI-2011.

1.5.2.- Objetivos específicos.

- Recopilar información del diseño anterior.
- Elaborar el diseño conceptual de los mecanismos así como definir los componentes y accesorios que sean necesarios para su funcionamiento.
- Elaborar ingeniería básica.
- Elaborar ingeniería de detalle del sistema (dibujos mecánicos con la plataforma de diseño CAD SOLIDWORKS 2016).
- Supervisar fabricación de la montadura.
- Realizar ensamble y pruebas de operación.

1.6.- Hipótesis.

- El contacto generado con la chistorra enrollada al momento de levantar los pernos genera variación en las lecturas arrojadas por la celda de carga.
- Eliminar ruidos y vibraciones mecánicas en el sistema ayudará a que la celda de carga realice una medición más precisa.
- Elementos con gran acabado superficial que entran en contacto con la chistorra, ayudarán a una mejor iteración de pruebas dentro del rango de medición indicado en la norma.

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO.

2.1.- Errores de medición.

No es posible determinar su causa. Se pueden disminuir por tratamiento estadístico: realizando varias medidas para que las desviaciones, por encima y por debajo del valor que se supone debe ser el verdadero, se compensen.

El manejo inadecuado de la celda de carga puede dar origen a diversos errores de medición, siendo las celdas de carga utilizadas para mediciones muy pequeñas y precisas, son herramientas de gran sensibilidad, lo que hace de ellas un instrumento con el que se debe tener mucho cuidado, desde su fabricación, transporte, medio en el que se utilice, hasta el peso al cual se somete, cuidando de no pasar el límite para el que la celda está fabricado.

2.1.1.- Errores sistemáticos.

Son los que se repiten constantemente y afectan al resultado en un sólo sentido (aumentando o disminuyendo la medida). Pueden ser debidos a un mal calibrado del aparato, a la utilización de fórmulas (teoría) incorrectas, al manejo del aparato de forma no recomendada por el fabricante, etc. Estos errores sólo se eliminan mediante un análisis del problema y una "auditoría" de un técnico más calificado que detecte lo erróneo del procedimiento.

2.1.2.- El factor humano.

El "medidor" (observador) puede originar errores sistemáticos por una forma inadecuada de medir, introduciendo así un error siempre en el mismo sentido. No suele ser consciente de cómo introduce su error. Sólo se elimina cambiando de observador. El observador puede introducir también errores accidentales por una imperfección de sus sentidos. Estos errores van unas veces en un sentido y otros en otro y se pueden compensar haciendo varias medidas y promediándolas.

2.1.3.- Factores ambientales.

La temperatura, la presión, la humedad, etc. pueden alterar el proceso de medida si varían de unas medidas a otras. Es necesario fijar las condiciones externas e indicar, en medidas precisas, cuales fueron éstas. Si las condiciones externas

varían aleatoriamente durante la medida, unos datos pueden compensar a los otros y el error accidental que introducen puede ser eliminado hallando la media de todos ellos.

2.2.- Patentes relacionadas.

Durante la investigación se encontraron las siguientes patentes, siendo las que más se relacionan al objetivo antes especificado, se hace mención de ellas, con las cuales es posible usar algunos principio y tener un mejor conocimiento ya sea del proceso de enrollado o pesado dinámico, tomando en cuenta la validez de dichas patentes.

2.2.1.- Sistema de pesaje dinámico.

Patente: WO2016095066A1

Inventor: Achondo Larraín Salvador José, Robles Moreno Cristián Alfonso

Ésta invención tiene como principio el pesaje dinámico de diferentes objetos donde, la celda de carga se encuentra en un sistema de ascensor bidireccional, con lo que el sistema tiene la posibilidad de ascender, descender y/o desplazarse horizontalmente hasta posicionarse en uno de los estanques que contienen el producto que se desea pesar. Este producto es descargado por gravedad donde al entrar en contacto con el sistema de pesaje, la celda de carga mide el peso que el objeto genera sobre ella. Este sistema cuenta con un módulo de transmisión, el cual permite reducir al mínimo las vibraciones producidas por la caída de los objetos al ser un producto a granel.

La celda de carga utilizada para este sistema es del tipo bloque de aluminio y utiliza el principio de galga extensiométrica. La celda de carga utilizada por el sistema es de 7 kg máximo, lo que es suficiente para los pesos de 500 g máximos con los que trabajará este prototipo. Se opta por una celda de carga de mucha mayor capacidad debido a que, en el momento de subir los 500 g de producto, éste adquiere una inercia tal que al momento de frenar el elevador el producto se eleva dando un “salto” y que al caer golpea con una fuerza superior a los 500 g. Estas variaciones

de peso pueden llegar a desarrollar una fuerza de casi 4 kg sobre la celda de carga. Es por esto que se opta por un sistema mucho más resistente en el cual el margen de deformación permitido en la celda de carga no se vea limitado.

Éste sistema cuenta también con una unidad electrónica de control, la cual, es la encargada de procesar todas las señales necesarias para hacer operativo el sistema de pesaje dinámico móvil. Existe también un procesamiento y control principal el cual se encarga de procesar los datos de pesaje, manejo de la pantalla LCD, botones de selección de productos, posición del elevador y control de tracción. Ésta unidad tiene como función el control predictivo mediante un sistema PID con el cual determina en qué punto de pesaje debe dejar de dispensar para que el producto que aún está dentro de la tubería complete el gramaje para este alcanzar los 500 g, éste sistema predictivo posee un error de aproximadamente 10 g, el cual se encuentra dentro de los márgenes de satisfacción teniendo en cuenta que se pueden dispensar 4 productos físicos, entre irregulares y con coeficiente de rozamiento distintos los que generan velocidades de caída independientes para cada producto que mecánicamente son incontrolables.

Con esta patente se puede tener en cuenta el rango de peso requerido en la celda de carga una vez considerando los factores que influyen en el peso al cual está sometido el sistema de pesaje y no llegar a dañar el límite de deformación aceptado por la galga dentro de la celda.

2.2.2.- “Winding device for winding up and unwinding a tube, cable or hose”.

Patente: US5332171A

Inventor: Josef Steff

Dispositivo de bobinado para enrollar y desenrollar un tubo, cable o manguera.

Éste dispositivo, tiene como función principal el enrollar y desenrollar un tubo, cable o manguera. Cuenta con un tambor giratorio (Fig. 6 sección 15) en forma de un cilindro hueco donde, alrededor de su circunferencia puede enrollarse o desenrollarse una longitud de cable, tubo o manguera. Éste proceso de enrollado ocurre girando el tambor mediante un tubo que está dispuesto dentro del tambor. El

tubo no gira con el tambor giratorio, al menos no durante el proceso de bobinado y desenrollado.

Cuenta con un dispositivo de disco que soporta el cable, el cual se extiende radialmente entre el cubo y el tambor giratorio, un accionamiento de giro para girar el tambor giratorio, por lo menos en la dirección de enrollamiento.

El dispositivo permite que la longitud de extracción del cable se enrolle y desenrolle incluso si el tambor giratorio gira en relación con el extremo del cable en el lado del cubo. Existe una parte del cable enrollada en espiral en el cubo y una parte del cable en el área de transición entre el cubo y el tambor giratorio los cuales permanecen libres de fuerzas de arrastre porque el disco de soporte interior porque el disco de soporte interior no gira con el tambor giratorio.

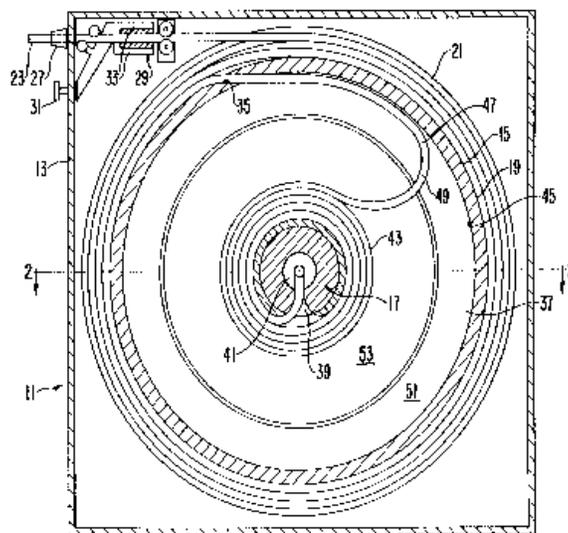


Fig. 6.- Sección horizontal del diseño.

La Fig. 6 muestra un dispositivo de arrollamiento (sección 11) con una carcasa (sección 13) que aloja un tambor giratorio (sección 15) dispuesto de forma giratoria y concéntrica alrededor de un cubo (sección 17).

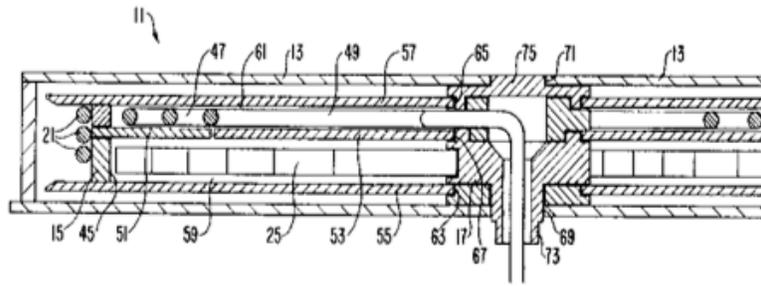


Fig. 7- Sección vertical del diseño a través de una línea en la Fig. 6.

La Fig. 7 es una vista en sección vertical según la Fig. 6. El dibujo muestra solo una parte del radio correcto del dispositivo de bobinado de la Fig. 6. En esta vista seccionada se puede apreciar el perfil del tambor giratorio y por donde el cable se enrolla, el tambor giratorio está construido como un cilindro hueco cuyo extremo axial inferior está provisto de una cubierta de tambor inferior y cuyo extremo axial superior está provisto de una cubierta de tambor superior (Fig. 7 sección 55 y 57 respectivamente).

Un extremo del muelle helicoidal está unido al cubo y el otro extremo a la circunferencia del tambor giratorio. Cuando el tambor se gira con relación al cubo, el potencial de tensión del muelle espiral se incrementará o bien disminuirá, al adaptar la fuerza motriz al sentido de rotación.

De acuerdo a la explicación dada en la patente se sabe que la tapa inferior del tambor, la tapa del tambor superior y el disco interno de soporte están montados de forma no giratoria en las ranuras en la circunferencia exterior del cubo. Las cubiertas del tambor giran con el giratorio el tambor y las ranuras circunferenciales exteriores sirven como cojinetes de deslizamiento para las cubiertas de tambor. El disco de soporte interno también se puede girar con relación al cubo dentro de su ranura circunferencial exterior, pero no se accionará cuando el tambor giratorio de vueltas. Por lo tanto, es básicamente estacionario con relación al cubo. Puede seguir solamente un movimiento de enrollamiento de la parte de transición del cable para compensar las fuerzas de arrastre por fricción.

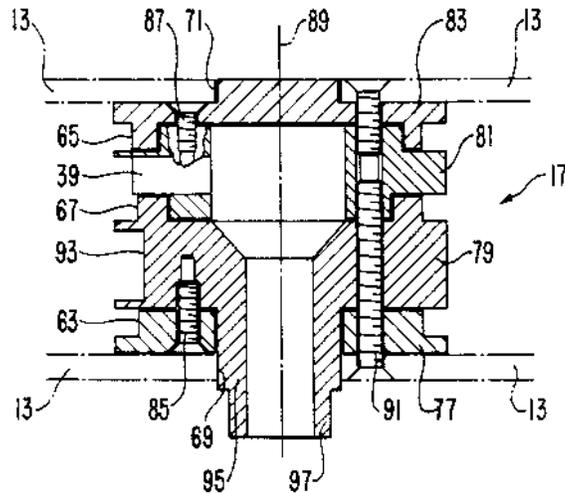


Fig. 8- Detalle de una sección vertical del diseño.

Algunos detalles adicionales del cubo se muestran en la sección de detalle de la Fig. 8. Gracias a este detalle se sabe que el cubo comprende cuatro partes de cubo, vistas en la dirección axial desde arriba hacia abajo: un anillo de cubo inferior, un disco de cubo inferior, un disco de cubo superior y un anillo de cubo superior. Ambos anillos de cubo están unidos por los tornillos a los discos de cubo. Los anillos de cubo se retiran para ensamblar las cubiertas de tambor y se atornillan a los discos de cubo después de colocar las cubiertas en el cubo. Un perno de bloqueo se guía en paralelo al eje de rotación a través de todo el cubo y mantiene los dos discos de cubo firmemente enclavados. Cuando el perno de bloqueo se retira del cubo, los dos discos de cubo pueden girarse uno con respecto al otro, de manera que el disco de cubo, que está provisto de una ranura de alojamiento de resorte para el muelle espiral, se debe girar hacia cualquier posición deseada hacia el disco del cubo equipado con la abertura para guiar el cable a través del cubo. Cuando se ha retirado el perno de bloqueo, la tensión del muelle espiral puede controlarse de acuerdo con el relativo sentido de rotación del disco del cubo con respecto al disco del cubo. Una vez que se ajusta la tensión del resorte deseada, el perno de bloqueo se enchufa a través de los discos del cubo y los anillos del cubo en la posición deseada y se fija al mismo. Al menos uno de los dos discos de cubo está provisto de varias aberturas de inserción de perno para permitir diversas posiciones de giro relativas entre los discos de cubo.

2.2.2.- “Fiber optic cable winding tool”.

Patente: US6533205B1

Inventor: Stocker Yale Inc.

Herramienta de bobina de fibra óptica.

La presente invención se refiere en general al campo de comunicaciones y, más particularmente, a una herramienta de bobinado de fibra óptica para enrollar longitudes predeterminadas de cables de fibra óptica y bobinas de diámetro predeterminado de cables de fibra óptica utilizados en el campo de las comunicaciones. Conocer el principio de la patente puede ser de mucha ayuda para tomar decisiones, tomando en cuenta que actualmente se tiene un proceso de enrollado, es importante conocer características de otros principios que en algún momento puede ayudar a dar solución a problemas no previstos.

La presente invención resuelve los problemas de la técnica relacionada proporcionando una herramienta de arrollamiento de cable de fibra óptica para proporcionar longitudes predeterminadas precisas de cables de fibra óptica, y que tiene un tambor o carrete de enrollamiento sustancialmente circular formado por elementos periféricos que son ajustables radialmente a diferentes diámetros.

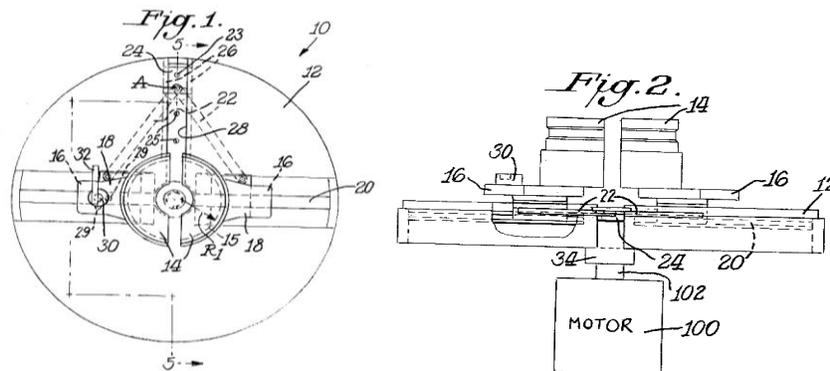


Fig. 9.- Vista en planta superior Fig. 1 y vista en alzado frontal Fig. 2.

Como se muestra en la Fig. 9, una vista en planta superior y vista en alzado frontal respectivamente. Cuando el brazo de bloqueo gira a una ubicación predeterminada, el perno de bloqueo se apoya contra el carril e impide que el carro (sección 16) se deslice sobre el carril.

puede proporcionarse en los orificios para evitar que el bloque deslizante en forma de T se deslice en la ranura.

Como se muestra en las Figs. 9 y 11, un motor (sección 100 en Fig. 8) y un eje (sección 102 en Fig. 10) conectado de forma giratoria al motor pueden conectarse a un collar formado integralmente o conectado a la base en forma de disco. Después de haber ajustado el diámetro deseado de los carretes, el motor puede energizarse, haciendo que el eje gire, lo que, a su vez, hace que el collar y la base giren. Esto permite que un cable de fibra óptica sea enrollado sobre los carretes de manera rápida y fácil. Alternativamente, el motor, el eje y el collar no necesitan estar provistos, y el usuario de la herramienta de arrollamiento del cable de fibra óptica puede enrollar a mano el cable de fibra óptica sobre los carretes.

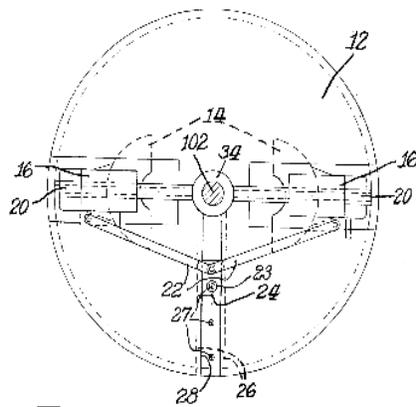


Fig. 11.- Vista inferior de la herramienta de arrollamiento del cable de fibra óptica.

La Fig. 11 es una vista en planta inferior de la herramienta de arrollamiento del cable de fibra óptica en una posición abierta. En la posición abierta, los carretes están provistos de su distancia máxima entre sí, que depende de las longitudes de los brazos de articulación. En esta posición, el bloque de deslizamiento en forma de T está adyacente al centro de la base en forma de disco.

Finalmente, la herramienta de arrollamiento del cable de fibra óptica puede tener una variedad de tamaños, dependiendo del tipo de cable de fibra óptica que se va a enrollar sobre el mismo. Preferiblemente, sin embargo, la herramienta se dimensiona para que el radio de curvatura R_1 de las superficies de contacto del cable de fibra óptica de los carretes 14 sea mayor o igual que el radio de curvatura

mínimo del cable de fibra óptica, para evitar defectos latentes o destrucción del cable de fibra óptica.

Existe una gran variedad de patentes de maquinas de procesado o embudidoras de chistorra, sin embargo, no se hace mención de ellas ya que no brindan información útil sobre el enrollado y/o pesado de chistorra como quizás puedan brindarnos las patentes aquí mencionadas. Uno de los puntos importantes a tomar en cuenta de la patente “sistema de pesaje dinámico” y sabiendo que la celda de carga en la montura debe estar fija y no en movimiento como se hace referencia en esta patente, son las condiciones en las que nos menciona que una celda de carga deben tomarse en cuenta, como lo es su peso mayor al que se medirá. También hace mención sobre algunos aspectos que ayudan a mejorar las lecturas de la celda de carga como lo son las características del sistema PID.

En las siguientes dos patentes mencionadas, tomando en cuenta que se habla de materiales a enrollar muy diferentes a la chistorra, es posible tomar algunos de los principios que se utilizan para el enrollado, características y posicionamiento de sus componentes así como las condiciones que necesita cumplir el objeto a enrollar. Si bien en estas dos patentes presentadas no se requiere de mucho cuidado a la hora de enrollar como es requerida en la enrolladora de chistorra, si es posible tener ideas de posibles métodos secundarios que ayuden a tener mejores resultados.

CAPÍTULO 3.- INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA.

En este capítulo, se muestran las pruebas realizadas en el prototipo presentado, los resultados que estas pruebas arrojan y las premisas obtenidas para la solución a esos problemas que llevaron al mal funcionamiento del diseño previo.

3.1.- Análisis de requisitos del cliente.

Los requisitos definidos en conjunto con SALMI del Sureste, S.A. de C.V. son los siguientes:

- Enrollado en forma de espiral por el extremo (Fig. 12).
- La máquina debe pesar el producto en sus diferentes presentaciones: 350 gr y 500 gr. Con una tolerancia de 10.5 gr para la masa de 350 gr y 15 gr para la presentación de 500 gr, de acuerdo a la norma NOM-002-SCFI-2011.
- Deberá cortar la chistorra al terminar el enrollado del producto.
- Todos los materiales donde el producto entre en contacto, deben cumplir con la industria alimenticia ⁽¹⁾.
- Para chistorra con diámetros de 19-22 mm y densidades promedio de 835-kg/m³.
- Producción meta entre 30 y 500 kg por hora en presentaciones de 1 kg ⁽²⁾.

⁽¹⁾Respetando los lineamientos de la norma NOM-251-SSA1-2009

⁽²⁾La presentación de 1 kg, se logrará con dos trozos de 500g, no se garantiza que el rendimiento de 500kg por hora pueda alcanzarse con paquetes de 350g, por la afectación natural de los tiempos de las operaciones manuales y las respuestas de los dispositivos.



Fig. 12.- Método de enrollado desde el extremo.

3.2.- Primer modelo general del proyecto.

CIATEQ, A.C. da a conocer un modelo (Fig. 13) en el año 2016 el cual cumple parcialmente con el objetivo, por lo que en esta nueva intervención se busca solo el rediseño de la montura que sirve para enrollar y pesar la chistorra, retomando la mayor parte del diseño estructural previo.

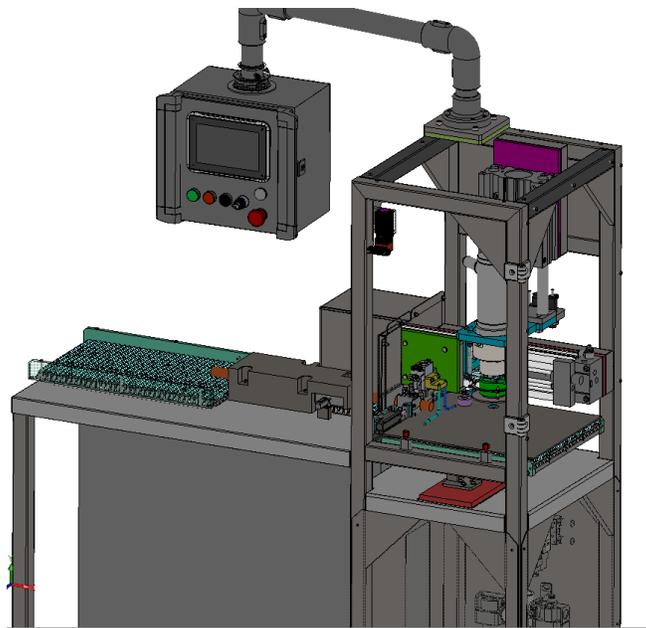


Fig. 13.- Diseño previo.

En la parte más importante del proceso en la maquinaria, se efectúa el enrollado y pesado de la chistorra para su posterior corte y empaquetamiento. A raíz del modelo

previo, se tiene información de los puntos a cuidar y premisas de diseño a seguir para lograr obtener un correcto funcionamiento.

3.2.1- Diseño previo de montura.

El diseño previo presentado (Fig. 14) tiene como principio de operación el enrollado de tiras de chistorra mediante un servomotor móvil que sube o baja dependiendo la necesidad de enrollar, este servomotor cuenta con dos pernos a los que hace girar una vez estando en contacto con la chistorra, este proceso de enrollado ocurre sobre un plato que tiene como base una celda de carga de 10 kg. Para este modelo presentado el proceso de enrollado y expulsión de los pernos una vez terminado el enrollado dependen del movimiento lineal del servomotor, por lo cual cuenta con un plato expulsador que impiden que la chistorra se adhiera al servomotor cuando éste regrese a su posición inicial. La celda de carga se encarga de pesar la chistorra durante el proceso de enrollado por lo que una vez llegado al peso deseado se corta la chistorra.

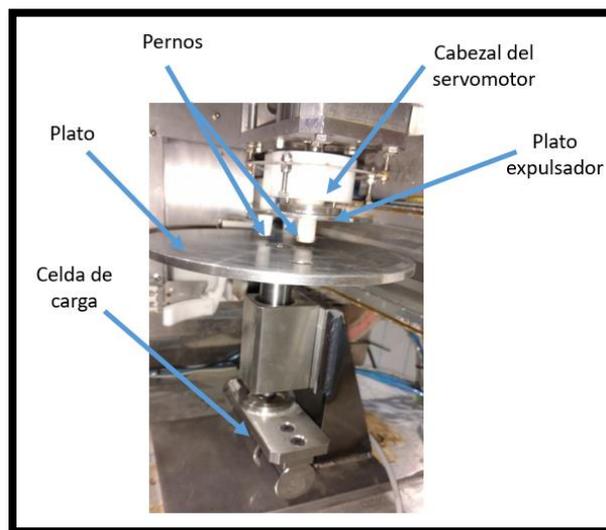


Fig. 14.- Modelo previo de montura presentado.

3.3.- Celda de carga.

La esencia de cualquier sistema de pesaje es la celda de carga o célula de carga o galga de carga. Estas celdas de carga son transductores de alta precisión que proporcionan información general, clara, precisa y concreta. Las celdas de carga

están diseñadas para tomar la fuerza o el peso bajo una amplia gama de condiciones. Con el fin de obtener el mayor beneficio de una celda de carga, el usuario debe tener conocimiento básico y profundo relacionado con la tecnología, construcción y funcionamiento del dispositivo utilizado. La celda de carga es uno de los elementos más importantes de una báscula electrónica o digital, se encarga de traducir la fuerza en una señal de voltaje (celda de carga analógica) o en un valor digital (celda de carga digital).

En la Fig. 15 se muestra la celda de carga con un prototipo funcional tipo “dummie” para poder hacer pruebas y validar la operación del sistema.

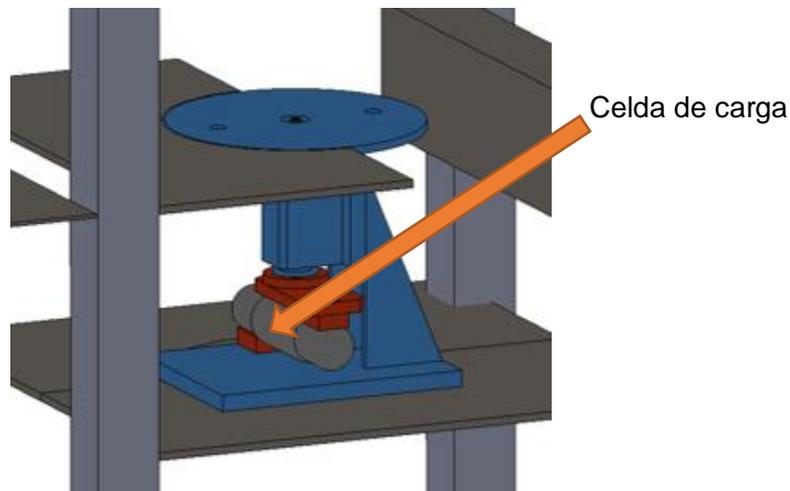


Fig. 15.- Celda de carga montada en el diseño.

Los diseños de celdas de carga se pueden distinguir de acuerdo con el tipo de señal de salida generada (neumático, hidráulico, eléctrico) o de acuerdo con la forma en que detectan el peso (flexión, cizalladura, compresión, tensión, etc).

El prototipo previo, cuenta con un mecanismo sencillo para el pesado de la chistorra, donde un eje une a la celda de carga con el plato superior donde ocurre el enrollado de la chistorra, este eje se encarga de transmitir el peso del material que se encuentre encima del plato superior, a la celda de carga.

3.4.- Pruebas en el prototipo funcional.

Este conjunto de pruebas, se realiza para conocer los diferentes factores que impiden el correcto funcionamiento de la montura. Uno de los principales problemas en el proceso es el enrollado de la chistorra, donde muy pocas veces se repite el mismo número de vueltas en el enrollado, por lo cual, la celda de carga al final arroja diferentes lecturas en el peso.

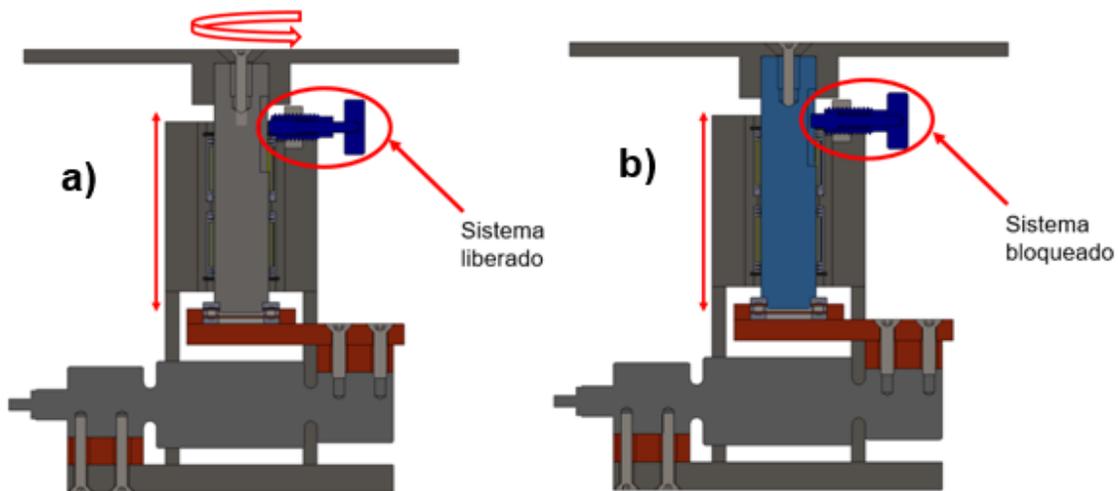


Fig. 16.- Ubicación de elemento para liberar o bloquear el plato dinámico.

El modelo previo cuenta con dos posibles métodos para el enrollado de la chistorra, el cual es utilizando el “sistema liberado” lo que permite el giro del disco superior como se aprecia en la Fig. 16-a) al mismo tiempo que ocurre el enrollado de la chistorra, o utilizar el “sistema bloqueado” lo que impide el giro del disco superior en el momento del enrollado de la chistorra Fig. 16-b).

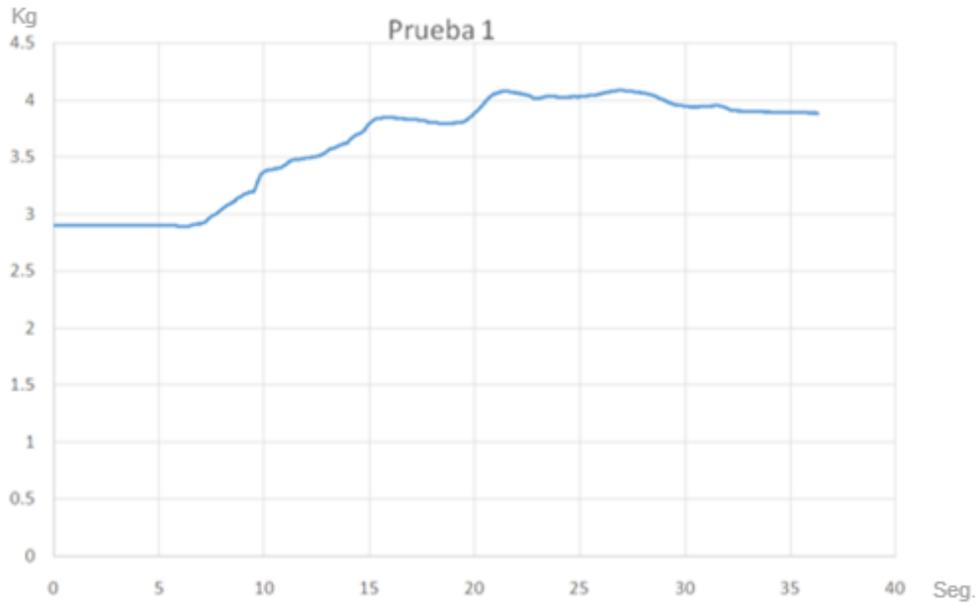


Fig. 17.- Usando bloqueo de giro del plato dinámico.



Fig. 18.- Usando giro libre del plato dinámico.

En la Fig. 17 se presenta los resultados arrojados por la celda de carga al momento de hacer el enrollado de chistorra con el bloqueo del giro del plato dinámico, en el cual se aprecia menor ruido a comparación de los resultados arrojados en la prueba 2 por la celda de carga donde se utilizada el “sistema liberado” donde los picos en

la gráfica generados por el mecanismo son más evidentes como se aprecia en la Fig. 18.

Las pruebas siguientes se hacen con el fin de disminuir los ruidos que aún se generan con el bloqueo del plato dinámico, para esto, se realizan pruebas, donde, el punto evaluado es la función del plato expulsador (Fig. 19). El plato expulsador tiene la función de impedir que la chistorra se levante junto a los pernos cuando estos tratan de ocultarse una vez realizado el proceso de enrollado de la chistorra.

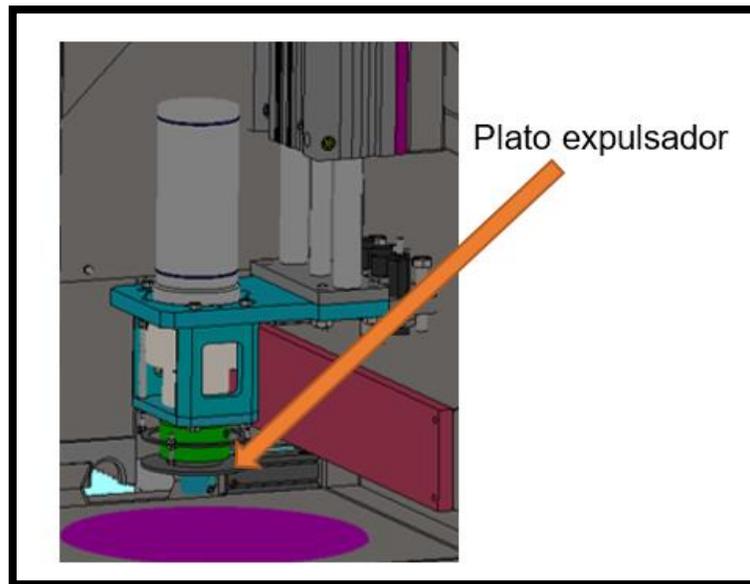


Fig. 19.- Plato expulsador.

Para estas pruebas se tiene la siguiente metodología:

- Fijación rígida de base de plato dinámico a estructura de máquina actual.
- Verificación de lubricación de rodamientos y balín inferior.
- Bloqueo de desplazamiento usando pin retráctil de cabeza cilíndrica sobre un cuñero axial, lubricado.
- Incorporación de placa a la altura del plato dinámico.
- Lámina de desplazamiento lubricada, donde se acumula la chistorra.
- Uso de tramos similares de chistorra en longitud.

- Usando plato expulsador.

En la Fig. 19 se puede ver los resultados arrojados por las pruebas realizadas, todas con la misma metodología. Tomar en cuenta que en la gráfica mostrada, los resultados se presentan a partir del segundo 14 de iniciar la prueba.

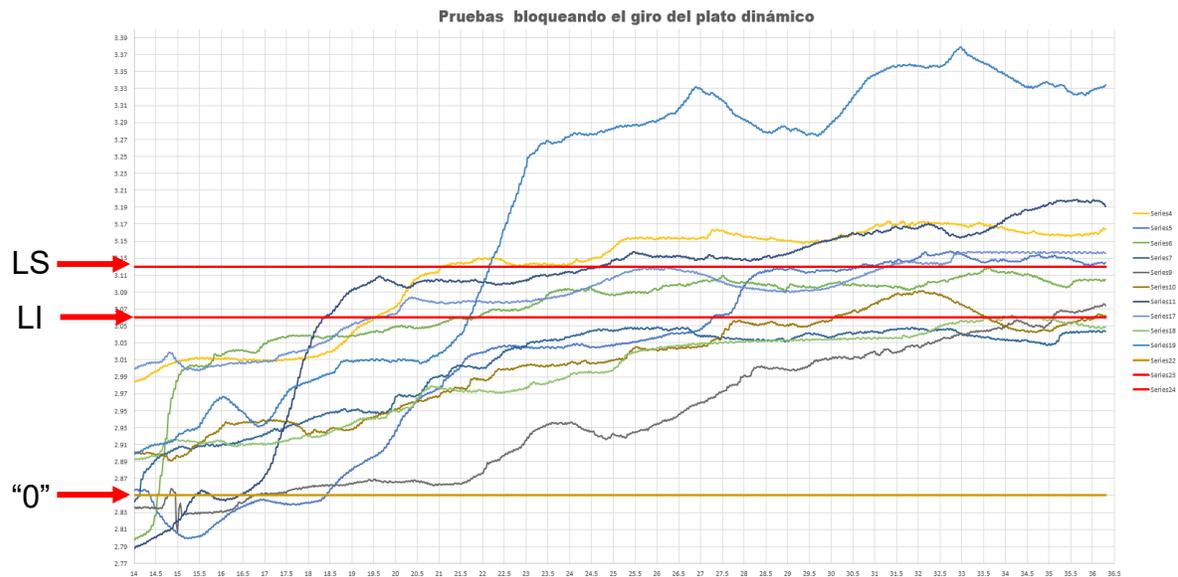


Fig. 20.- Gráfica del primer bloque de pruebas.

Tomando en cuenta el peso fijo sobre la celda de carga, el “0” establecido para medición del peso de la chistorra no coincide con el peso mínimo permitido (0 gramos) en la celda de carga.

De acuerdo a la metodología, se utiliza el mismo trozo de chistorra durante todas las pruebas, donde de acuerdo a la gráfica, fueron pocas las veces en que la lectura de la celda de carga entra en el rango establecido como límite superior (LS) y límite inferior (LI), los cuales son límites arbitrarios establecidos como un rango de error aceptable.

Para conocer la variación entre el plato “liberado” y el plato “bloqueado” se realiza una segunda serie de pruebas en donde se tiene la siguiente metodología:

- Fijación rígida de base de plato dinámico a estructura de máquina actual.
- Verificación de lubricación de rodamientos y balín inferior.

- Bloqueo de desplazamiento usando Pin retráctil de cabeza cilíndrica sobre un cuñero axial, lubricado.
- Incorporación de placa a la altura del plato dinámico.
- Lámina de desplazamiento lubricada, donde se acumula la chistorra.
- Uso de tramos similares de chistorra en longitud.
- Sin usar plato expulsador.

A diferencia del primer bloque de pruebas, en este segundo bloque, no se usa la función del plato expulsador de la Fig. 19 como se establece en la metodología del bloque de pruebas.

En la Fig. 21 se puede ver todos los resultados arrojados por las pruebas realizadas, todas estas con la misma metodología.



Fig. 21.- Gráfica del segundo bloque de pruebas.

Utilizando el mismo principio que para el análisis de la prueba mostrada en la gráfica de la Fig. 20, realizando las pruebas con el mismo trozo de chistorra, se aprecia que al no usar la función del plato expulsador, las lecturas de la celda de carga no entran en el rango establecido como límite superior (LS) y límite inferior (LI).

3.5.- Modificaciones en la secuencia de operación.

De acuerdo a los datos obtenidos de las pruebas realizadas, se llega a la siguiente modificación de la secuencia de operaciones, donde en la Fig. 22 se muestra la secuencia actual de operación y en la Fig. 23 se muestra la secuencia de operación modificada. Cabe señalar que en ambos procesos las activaciones son manuales a través de la ventana de mantenimiento de programación.

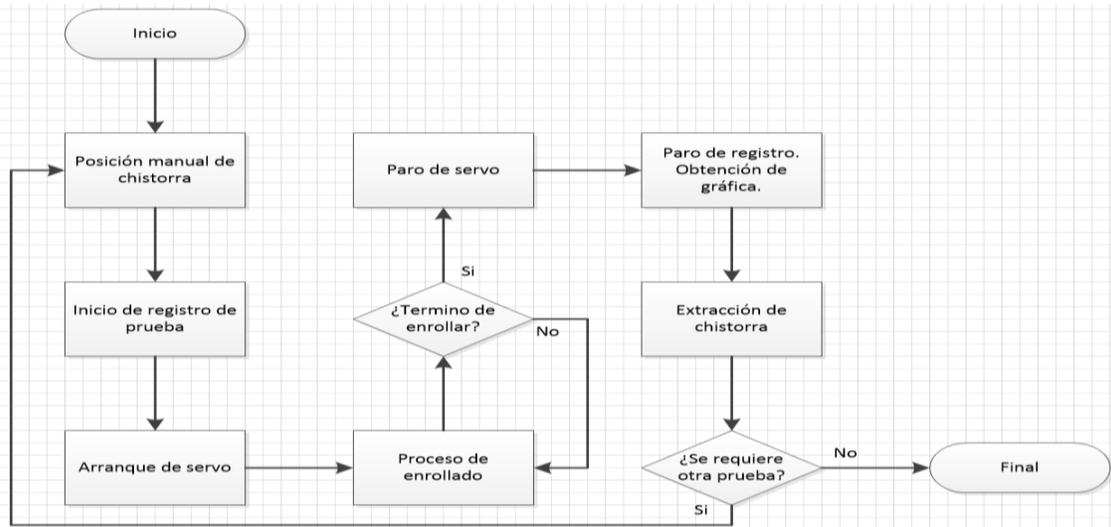


Fig. 22.- Secuencia de operación actual.

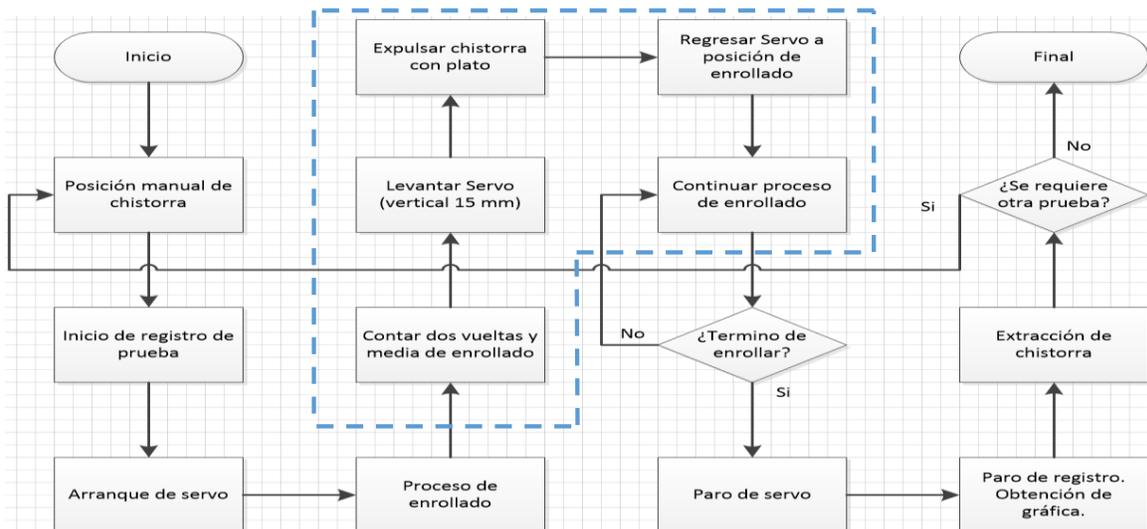


Fig. 23.- Secuencia de operación modificada.

En la Fig. 24 se muestra un conjunto de resultado de pruebas realizada una vez modificada la secuencia de operación.



Fig. 24.- Grafica de pruebas modificando secuencia de operación.

En la Fig. 24, se aprecia que los resultados arrojados quedan fuera de los límites marcados como (LS) y (LI), dentro de los cuales está el rango aceptable de acuerdo a los requisitos establecidos por el cliente, con estos resultados se concluye que con las modificaciones realizadas en la secuencia de operaciones, no se mejoran los resultados en comparación con los anteriores, lo que lleva a realizar un análisis más profundo del proceso hasta lograr repetitividad en las lecturas para así tener certeza de lograr lo que el cliente solicita.

3.6.- Error en lecturas.

Los principales problemas presentados en los diseños anteriores, son de lectura en el peso de la chistorra.

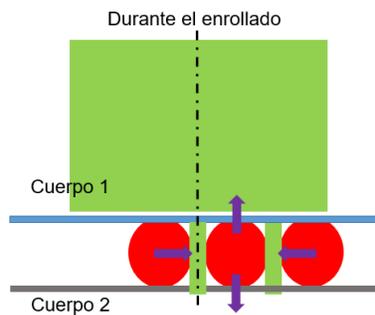


Fig. 25.- Problema durante el proceso de enrollado de chistorra.

Durante el enrollado, la chistorra es presionada hacia los pernos de enrollado y el peso de la chistorra enrollada es cargado parcialmente sobre el centro de giro como se ilustra en la Fig. 25.

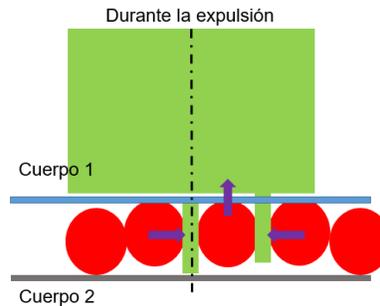


Fig. 26.- Distribución de fuerzas resultante del enrollado de chistorra.

Durante el proceso de expulsión de la chistorra enrollada, se llegaba a tener lecturas falsas o inconsistentes, debido a que parte del peso que debe registrar la celda se une al cuerpo 1 como se puede ver en la Fig. 26.

Gracias a estos análisis, se sabe que se necesita nuevos modelos para el enrollado de la chistorra que permitan eliminar estos inconvenientes a la hora de ocultar los pernos para la expulsión de la chistorra.

3.7.- Diseño para validar repetitividad de lecturas.

Se realiza un nuevo diseño de prototipo para comprobar que el aislamiento de los cuerpos 1 y 2 pueden aislar también los errores de repetitividad en las lecturas.

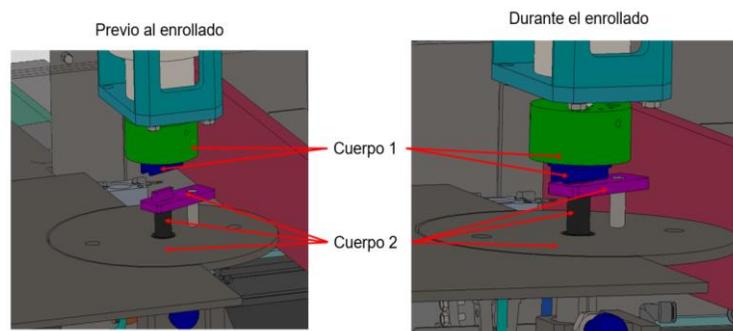


Fig. 27.- Posición de servo previo y durante el proceso de enrollado.

En la Fig. 27 se puede ver el nuevo modelo de los pernos, donde se aprecia la posición previa y durante el enrollado de la chistorra. De acuerdo a la ilustración de la figura 27, se presenta este mecanismo como dos cuerpos, los cuales solo estarán en contacto al necesitar transmitir el giro proveniente del servo a los pernos y por consecuencia enrollar la chistorra.

En el Fig. 28, se puede ver un par de imágenes del proceso de enrollado, donde en la parte a) se ve la posición del servomotor previo al enrollado y en la parte b) se puede ver al servomotor levantarse durante el proceso para posteriormente volver a bajar y continúe el enrollado de la chistorra.

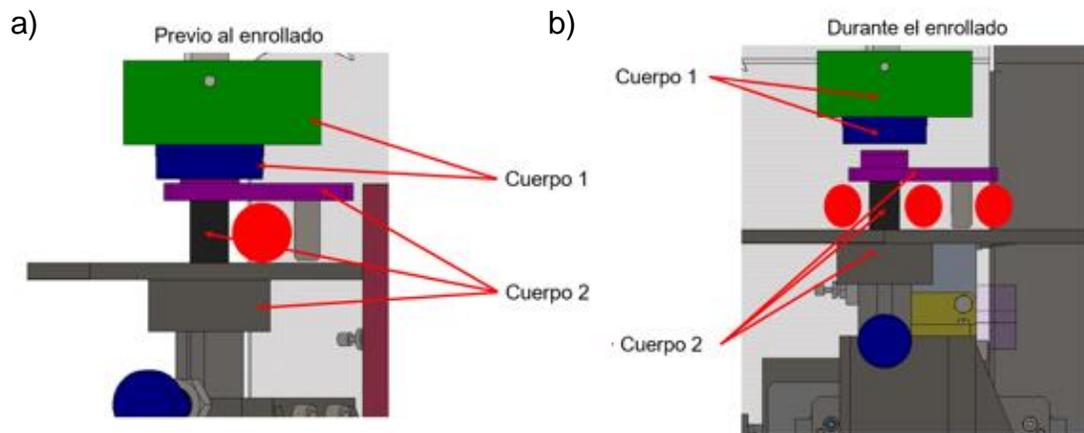


Fig. 28.- Posibles posiciones de la chistorra después del proceso de enrollado.

Una vez teniendo la chistorra enrollada y el peso arrojado por la celda de carga, el servomotor es detenido para posteriormente volver a levantarse y permitir la extracción de la chistorra.

En la Fig. 29 se presentan los registros de las pruebas realizadas con este nuevo modelo, se hace referencia a las pruebas 4, 5, 6 y 9 de las 11 realizadas. Cabe mencionar que al final todas terminan dentro de los rangos señalados como límite superior (LS) y límite inferior (LI).

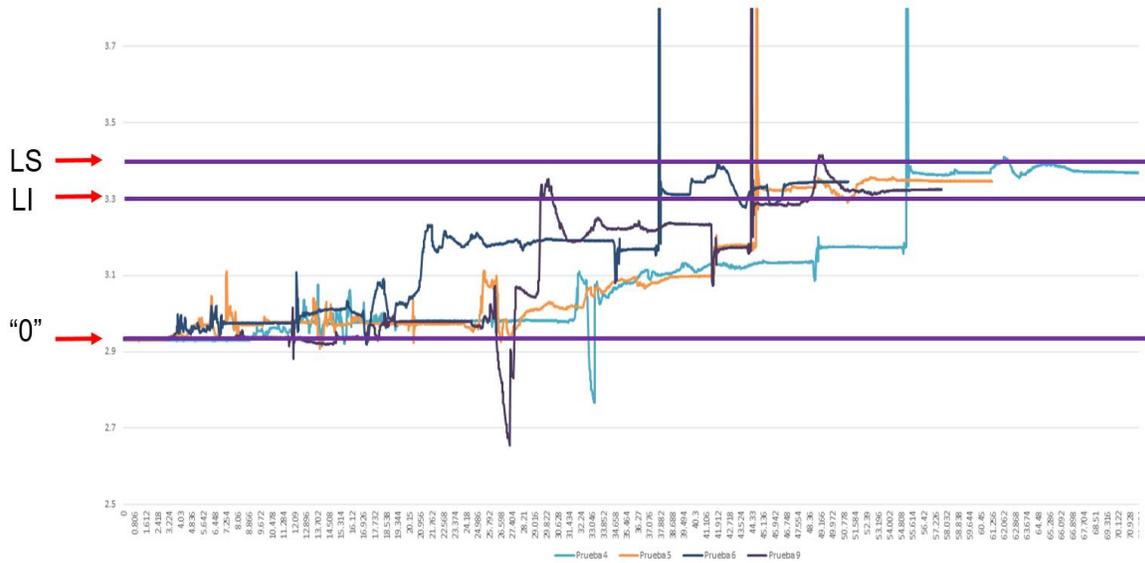


Fig. 29.- Pruebas 4, 5, 6 y 9 usando el mismo trozo de chistorra.

En la Fig. 30 se presentan los resultados de las pruebas 13 a 18 donde, a diferencia de las pruebas presentadas en la gráfica anterior, en esta, cada prueba realizada fue con diferente trozo de chistorra.

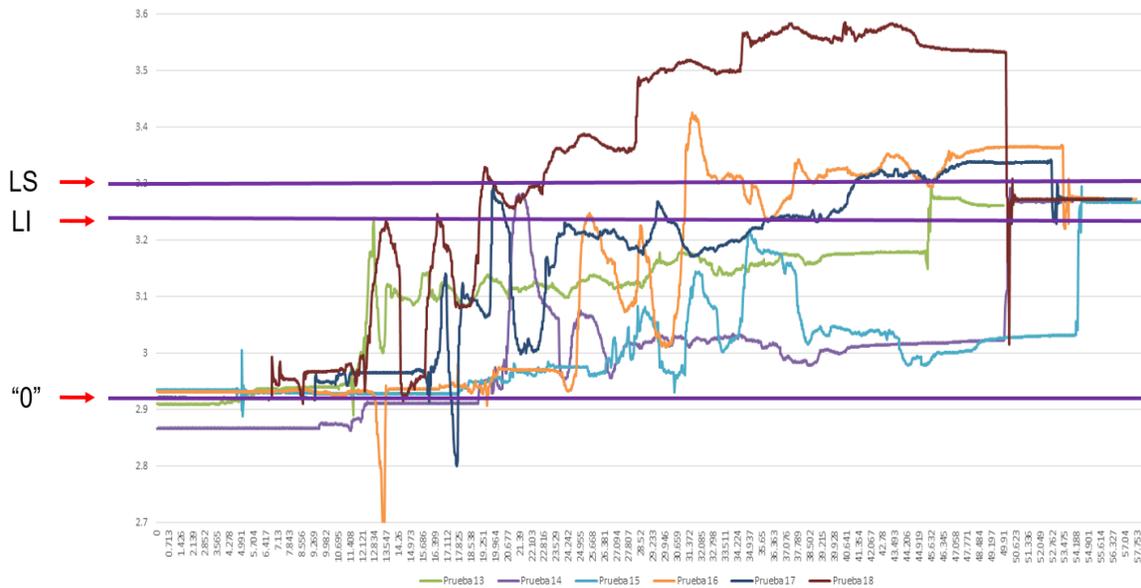


Fig. 30.- Pruebas 13 a 18.

En la Fig. 31, la secuencia de operación modificada, es obtenida de las pruebas mostradas en el punto anterior.

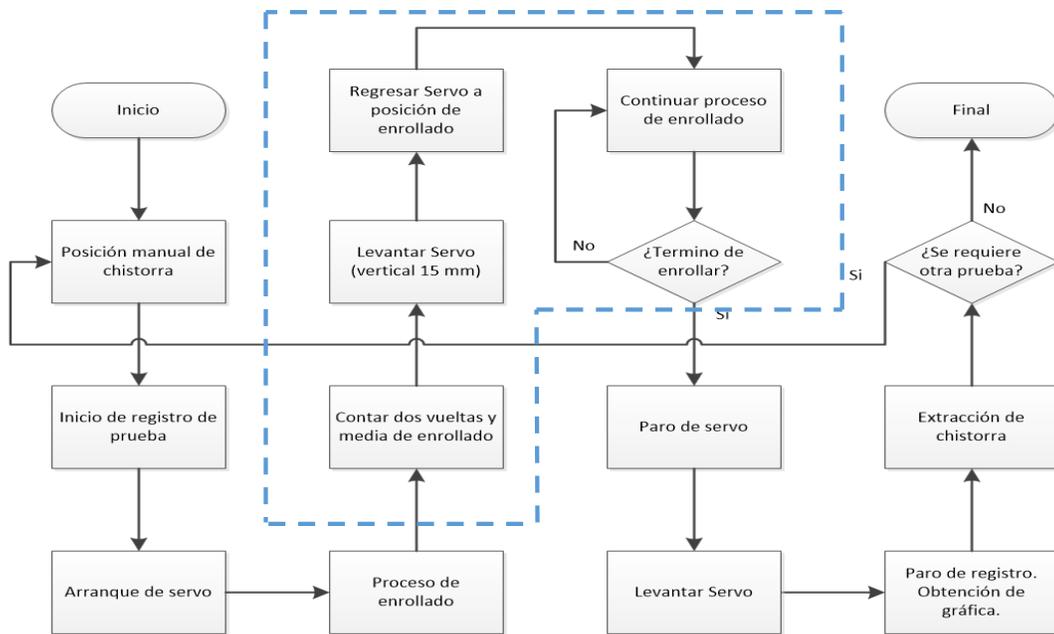


Fig. 31.- Secuencia de operación modificada respecto a las últimas pruebas.

Estas modificaciones en la secuencia de operación ayudan a encontrar premisas de diseño que posteriormente servirán para la creación de mejores mecanismos, que cumplan con las características necesarias para disminuir los errores mostrados en las pruebas realizadas. La secuencia de operación de la Fig. 31 ayuda a saber exactamente cada paso realizado por la maquinaria, lo que facilita saber en qué punto hay problemas si la maquinaria llega a presentar fallos.

3.8.- Premisas de diseño

De acuerdo a las pruebas y a los resultados arrojados, se llega a las siguientes conclusiones, donde se espera tener y resolver los problemas que se presentan en el diseño actual.

- Usar un solo plato de enrollado de una sola pieza con “eje”, ambos robustos.
- Usar un plato de las mayores dimensiones, de tal manera que se pueda pesar adecuadamente la chistorra durante el proceso expulsión localización.
- Usar plato “bloqueado”, sin giro. Dejar libre solo el movimiento vertical. Se puede usar un sistema tipo “cola de milano” o guías de desplazamiento axial.

- Separar el proceso de extracción del proceso de enrollado (plato expulsador). Diseñar de manera independiente a la base del servo.
- Las herramientas de enrollado deben de estar en el cuerpo inferior, de tal manera que sean parte del peso muerto del sistema.
- Cambiar herramientas de enrollado a teflón (actualmente son acetal).
- Las herramientas de enrollado deben de ser retráctiles o colapsibles, de tal manera que liberen la chistorra enrollada y lograr la expulsión de la máquina.
- Diseñar un acoplamiento superior de tal manera que se logre la separación de los cuerpos superior (sistema de enrollado) e inferior (sistema de pesaje).
- Modificar la secuencia de operación para lograr un peso adecuado intermedio.

3.9.- Generación de modelos CAD.

Teniendo las premisas de diseño, es posible comenzar con la elaboración y modificación de maquinaria. Para el modelo, creación de las piezas, ensambles y planos de fabricación, se utiliza el CAD Solidworks, el cual, gracias a su amplio alcance en modelación 3D facilita el correcto funcionamiento de la montura, tomando en cuenta que esto no implica que el CAD utilizado haga al 100% las actividades que se necesitan.

3.9.1.- Adaptación de la estructura.

Para esta nueva presentación, es necesario el rediseño de la estructura en la cual se ensambla nuestra montura para enrollar y pesar chistorra.

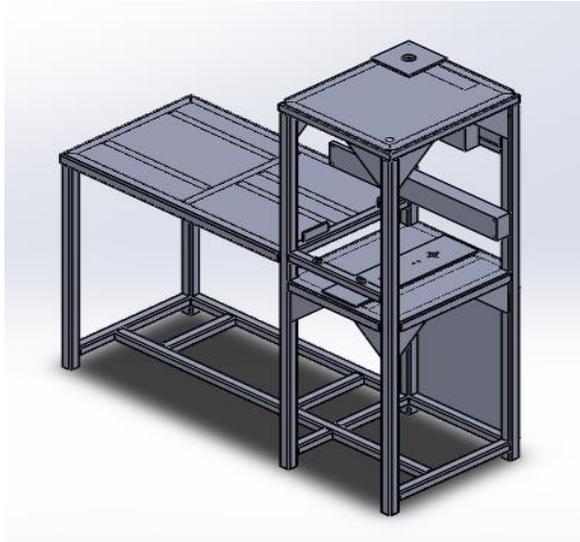


Fig. 32.- Estructura anterior.

En las Fig. 32 se puede ver el modelo de la estructura del diseño previo, el cual debe ser rediseñada.

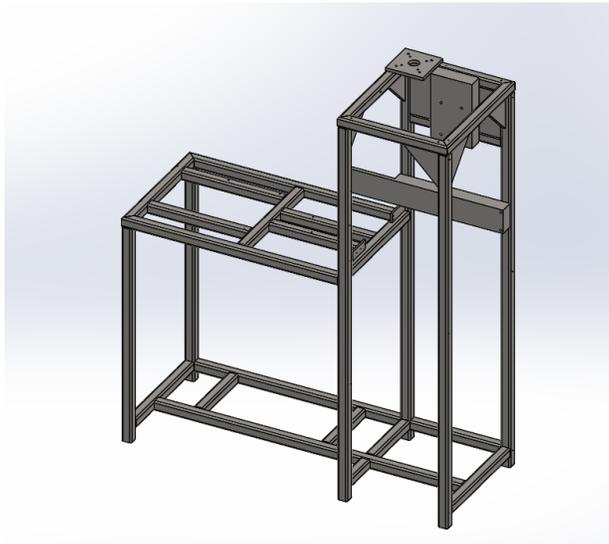


Fig. 33.- Estructura después de pasar por el área de corte.

En la Fig. 33, se aprecia el modelo de la estructura una vez pasando en el área de corte donde se eliminan todas las partes que no sean necesarias para el nuevo diseño.

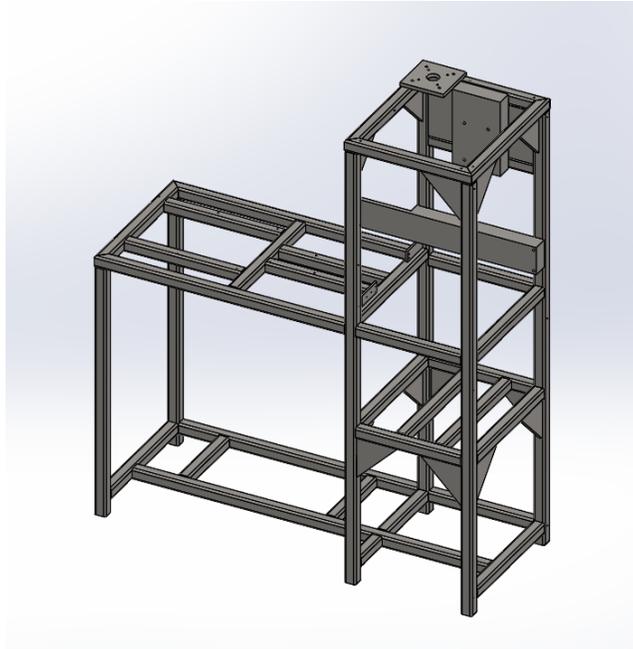


Fig. 34.- Nuevo modelo de estructura.

En la Fig. 34 se ve el nuevo modelo de la estructura que se requiere para el ensamble de la maquinaria, de acuerdo a los modelos en Solidworks.

3.9.2.- Diseño de piezas.

El nuevo diseño tiene la función de mediante un servomotor superior, que no forma parte del mecanismo, embone en los pernos móviles por los cuales transmite el giro para enrollar la chistorra. La chistorra es soportada por el plato superior y colocada entre los pernos móviles para que estos generen el enrollado, una vez obtenido el peso que se requiere, los pernos son ocultados por un par de pistones que bajan o suben según sea requerido en el proceso. El peso de la chistorra es transmitida a la celda de carga que se encuentra en la base del mecanismo por el eje central.

De acuerdo a las premisas de diseño, se requiere la elaboración de las piezas, donde es necesario el uso del CAD Solidworks, para su creación en un modelo 3D, ensamble y posteriormente la elaboración de planos de las piezas para su fabricación, todo mediante el mismo CAD Solidworks.

Durante el proceso de elaboración de piezas, gracias a la ventaja de modelar el diseño, es posible darse cuenta que es necesario la modificación de algunas piezas

por las restricciones que impone el diseño previo y estructura donde debe ir ensamblada. Por esto, durante el mismo ensamblaje se hacen modificaciones para llegar al modelo que se adapte a todas las condiciones impuestas.

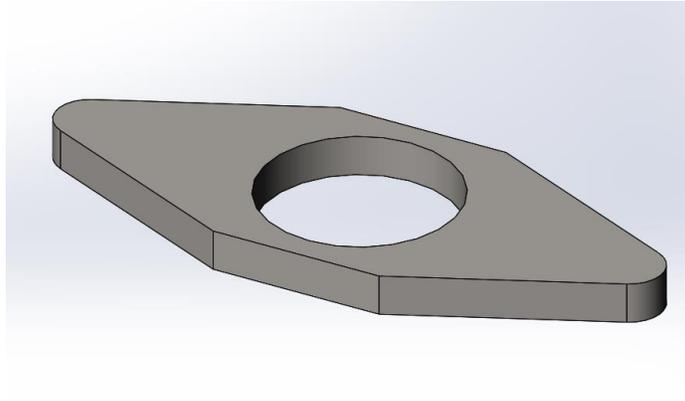


Fig. 35.- Modelo 3D pieza después del proceso de pailería.

Uno de los principales problemas en la creación de las piezas, es la adaptación a las necesidades de los encargados de manufacturar las piezas mediante los planos, donde una misma pieza, dependiendo su dificultad de manufactura, es necesario realizar dos modelos, uno para la obtención bruta de la forma que es realizado en el área de pailería (Fig. 35), donde no era necesario especificar tolerancias ni medidas finales de la pieza ya que esta solo se encarga de cortar y soldar (si es necesario) el material que llega desde los proveedores para después pasar al área de maquinado dónde es necesario un segundo modelo y plano de fabricación, el cual debe especificar los acabados y tratamientos finales de la pieza (Fig. 36).

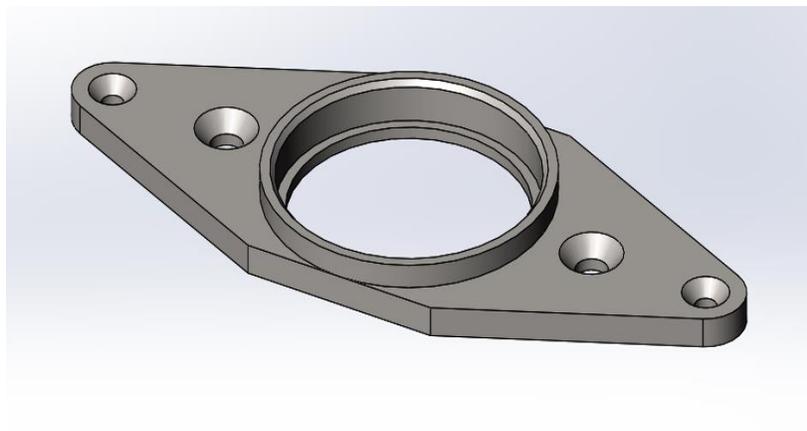


Fig. 36.- Modelo 3D pieza después del proceso de maquinado.

3.9.3.- Elaboración de sub-ensambles.

Esta parte es fundamental para poder adecuar las dimensiones y características tanto físicas como mecánicas que tiene el diseño final y si este es apto para cumplir con las condiciones necesarias que nos exigía el proyecto.

Este proceso debe ser muy cuidadoso y específico, ya que este modelo es el encargado de detallar de una manera sencilla el proceso de ensamblaje mediante los planos, por lo que, es necesario ser capaz de expresar cada una de las piezas, su posición y funcionamiento.

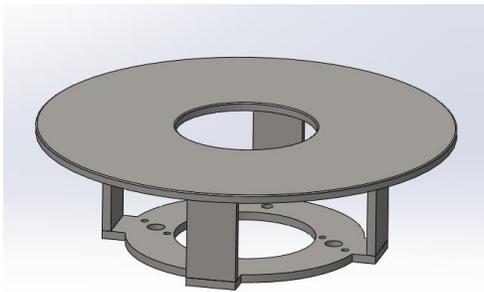


Fig. 37.- Sub-ensamble. Soporte fijo superior.

Para una mejor comprensión de los planos y no tener problemas a la hora de ensamblar, se crean sub-ensambles (Fig.37), los cuales, son pequeños ensambles del ensamble final. Cabe mencionar que se lleva un control en forma de tabla de todos los sub-ensambles y piezas que son utilizados para el ensamble final.

Al tener sub-ensambles, no es necesario especificar (en el ensamble final) como éste fue montado y se puede expresar como una pieza más, ya que existe un plano de fabricación especial para este sub-ensamble.

En la Fig. 38 se muestra una vista explosionada de una parte de la montura, la cual especifica alguna de las posiciones dónde van las piezas y sub-ensambles.

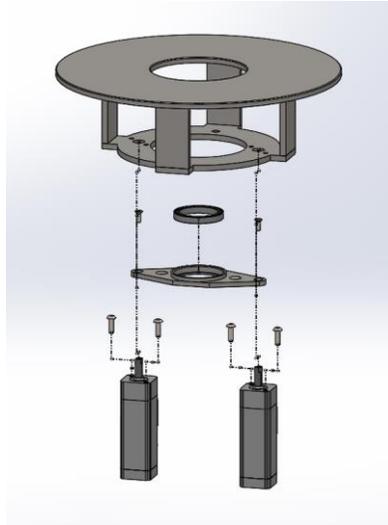


Fig. 38.- Modelo de ensamble 3D realizado en Solidworks.

Estas vistas explosionadas, no son obligatorias, sino que son una herramienta más con la que cuenta el CAD Solidworks, que cuando el ensamble o sub-ensamble cuenta con un gran número de piezas, es ideal elaborar estas vistas, donde el usuario controla cada movimiento de las piezas o sub-ensambles utilizados según sea conveniente.

Es posible y de gran utilidad dibujar líneas guía, las cuales ayudan a tener conocimiento de donde deben ir posicionadas (las piezas) o si deben quedar dentro de otras piezas (solo si las líneas no interfieren con las demás piezas o dificultan la vista de otras) como se muestra en la Fig. 38, donde se aprecia líneas guía en algunas piezas y en otras no, debido a que en lugar de mejorar la comprensión del ensamble, solo interfieren y generan dudas de la posición final de algunas piezas.

3.9.4.- Características de los materiales comerciales.

En el nuevo diseño de la montura para enrollar y pesar chistorra, es necesario la adquisición de productos mecánicos comerciales que ayudan con el correcto funcionamiento de todo el mecanismo, estos productos comerciales, necesitan de características especiales, que se adaptan a las funciones del proyecto final.

CIATEQ, A.C. cuenta con proveedores certificados y especializados en elaboración de productos mecánicos. Algunos de los principales proveedores para este proyecto

fueron marcas como SMC con cilindros neumáticos (Fig. 39) y Thomson con productos como guías lineales (Fig. 40).



Fig. 39.- Catálogo de Cilindros de la marca SMC.

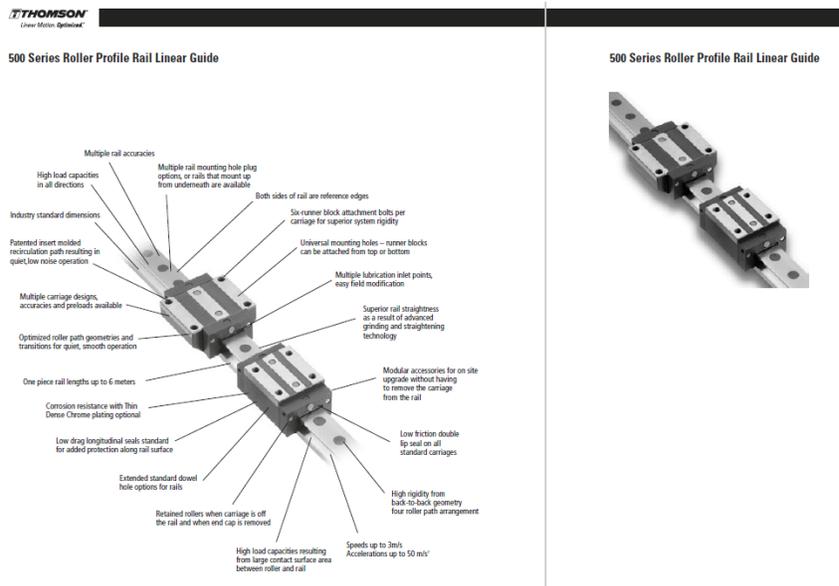


Fig. 40.- Catálogo de Guías lineales de la marca Thomson.

Una de las características principales de estos productos y todos lo utilizados en el diseño de la montura es que deben ser de grado alimenticio, lo que eleva su costo, reduce las posibilidades de elección de diseños e implica adaptar el diseño a los componentes disponibles.

CAPÍTULO 4.- INGENIERÍA DE DETALLE.

En este capítulo se aprecian los planos de fabricación de algunas de las piezas que conforman la montadura para enrollar y pesar chistorra. Teniendo el modelo de la montadura, es necesario la elaboración de los planos de cada pieza, así como de sus sub ensambles y ensamble final, especificando la posición de cada pieza para no tener problemas en el momento de ensamblar.

4.1.- Dibujos de fabricación.

Para poder manufacturar, rediseñar y ensamblar la estructura, se presentan los dibujos de fabricación. Estos dibujos de fabricación, se obtienen de las piezas modeladas en 3D por medio de solidworks y son el medio de comunicación con los talleres y con los cuales dan origen a las piezas, ensambles y sub-ensambles. En estos dibujos se hace un detallado de las medidas de las piezas y todas sus características para poder manufacturar cada una de ellas.

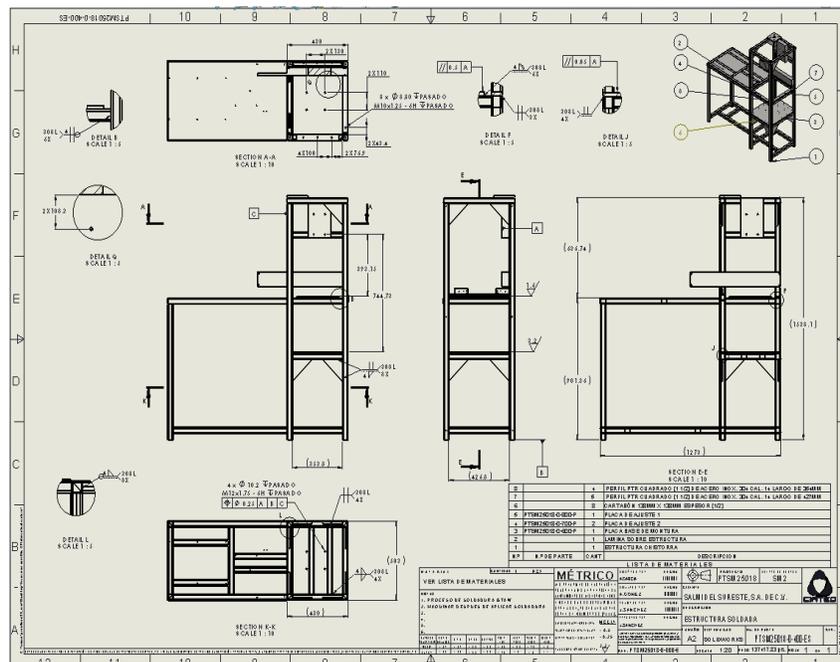


Fig. 41.- Plano de fabricación de la estructura.

En la Fig. 41 se puede ver las características que debe tener la estructura para poder montar el mecanismo, en este plano se especifican las distancias, tolerancias y referencias que se necesitan con precisión, ya que de estas medidas depende

que la montadura quede bien centrada y no se tenga errores (en los resultados que arroje la celda de carga) por algún desbalance entre los mecanismos del servomotor y la misma montura.

En la tabla de materiales incluida en el plano de fabricación, se especifican los materiales necesitados y soldados en nuestra estructura, haciendo referencia a cada uno de ellos en la tabla y en la vista isométrica mediante un número.

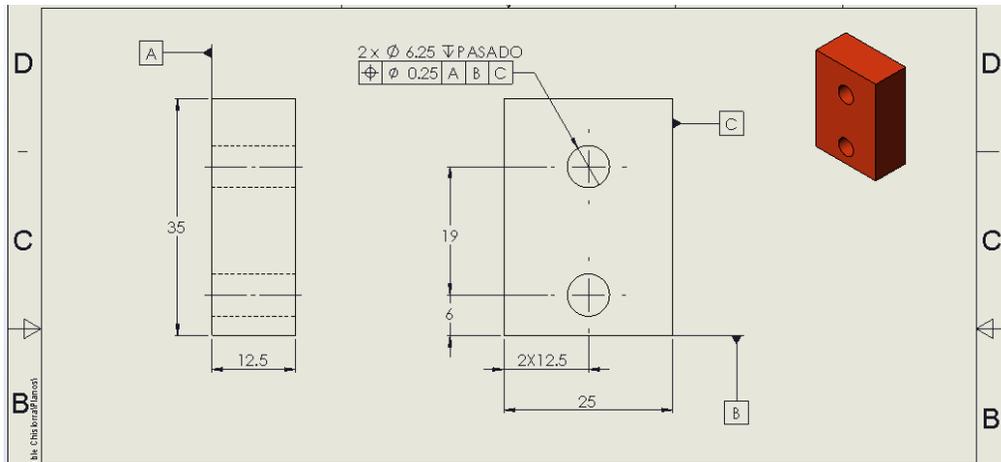


Fig. 42.- Soporte celda de carga. Material: Acero inox. AISI 304.

En la Fig. 42 se tiene la pieza encargada de soportar y ensamblar la celda de carga a la base. Al ser una pieza fácil de manufacturar, esta no requiere de más planos para especificar cada parte de ella.

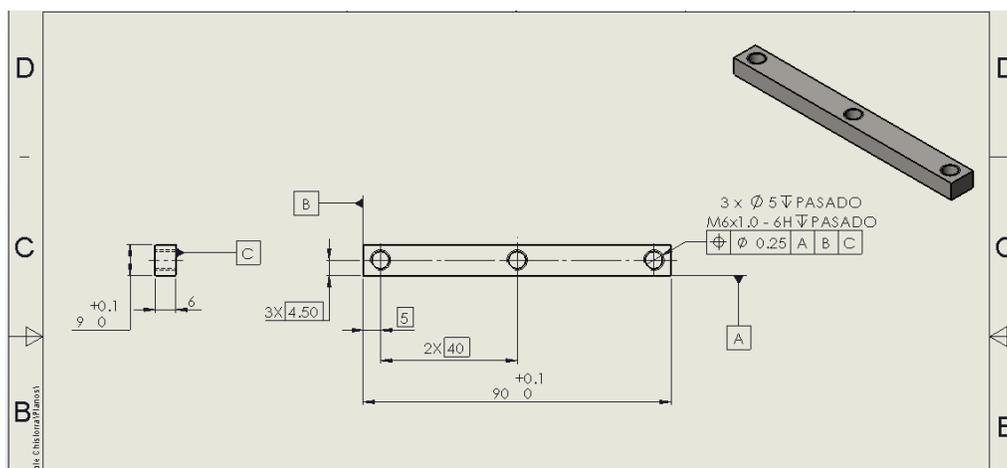


Fig. 43.- Placa central. Material: Acero inox. AISI 304.

La placa central presentada en la Fig. 43 es la pieza encargada de hacer que uno de los pernos pueda bajar y subir de acuerdo al proceso de enrollado y pesado de chistorra.

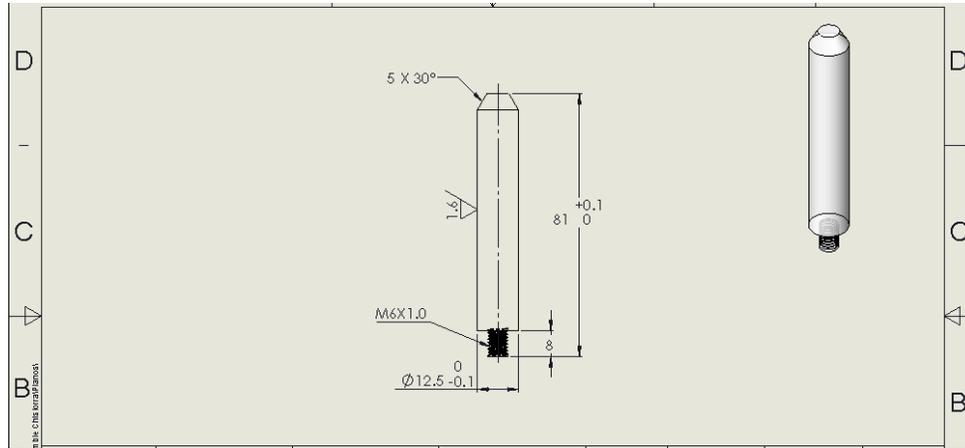


Fig. 44.- Perno central fijo. Material: Naylamid blanco.

El perno de la Fig. 44 es el perno central, enroscado en la pieza mostrada en la Fig. 43. Este perno se mueve en forma vertical, saliendo una vez que los pistones la empujan, empezando así el enrollado de la chistorra y ocultándose dentro del eje central de la montadura una vez que la chistorra está enrollada.

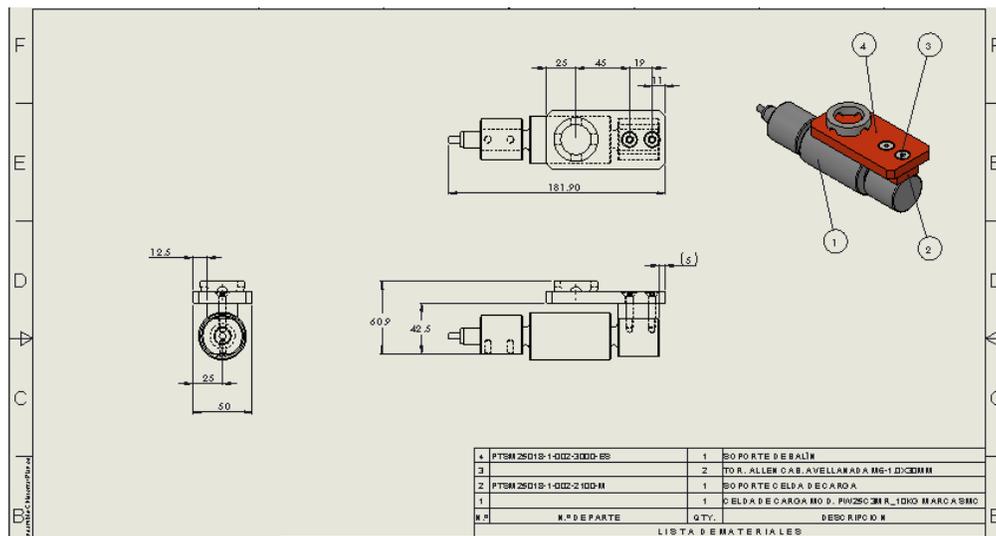


Fig. 45.- Plano de fabricación para un sub-ensamble.

En la Fig. 45 se muestra el ejemplo de un plano de fabricación de un sub-ensamble, donde de acuerdo a la tabla de materiales, para este sub-ensamble se necesita de

una pieza comercial (celda de carga) y diferentes piezas no comerciales que deberán ser manufacturadas, entre ellas, se muestra la pieza presentada en la Fig. 42.

Existen dos tipos de ensambles, los ensambles fijos que normalmente pasan por el proceso de soldadura y los ensambles desmontables (como el de la Fig. 45), que normalmente son montados con tornillería. Dependiendo del tipo de ensamble para el cual es utilizado la pieza, este puede o no llevar un maquinado final. En un ensamble desmontable, todas las piezas deben ir con un acabado final, debido a que no es posible hacer procesos de maquinados teniendo uniones atornilladas o ensambladas a presión. Si es requerido un acabado extra en una pieza de un ensamble desmontable es necesario quitar ésta pieza.

Cabe mencionar que, un ensamble desmontable, puede componerse de un ensamble soldadura, donde éste, ya cuenta con todas sus medidas, tolerancias y ajustes finales.

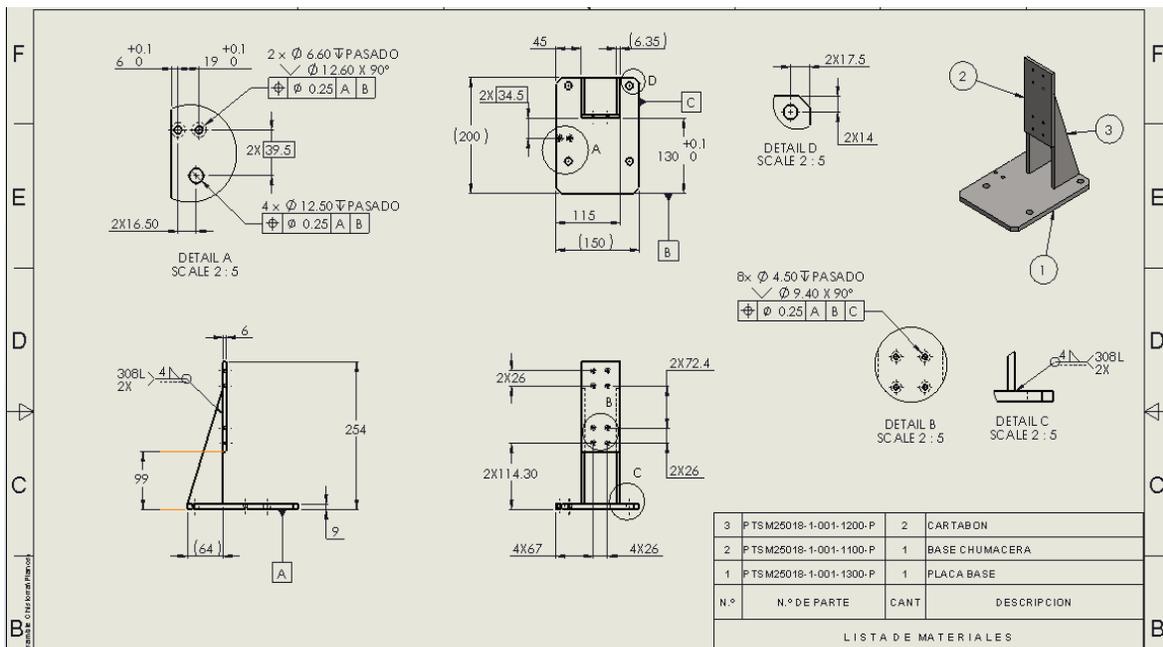


Fig. 46.- Sub-ensamble soldadura. Base soldada.

En la Fig. 46 se tiene el ejemplo del plano de fabricación de un ensamble soldadura, éste se compone de diferentes piezas las cuales no han pasado por un proceso de

maquinado por lo que en este plano ya se especifica los acabados finales de esta pieza-ensamble.

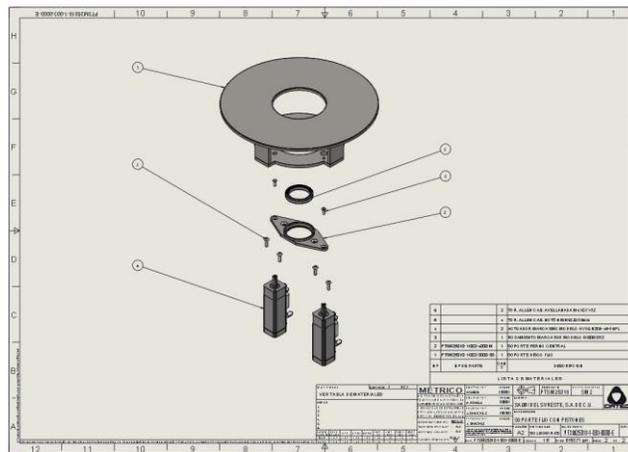


Fig. 47.- Plano de fabricación del ensamble de la montura.

La Fig. 47 muestra una vista explosionada de la montura final para enrollar y pesar chistorra, en ella, se detalla cada una de las piezas y sub-ensamble por los que está compuesto este ensamble, tratando de dejar en claro al personal encargado de la elaboración del ensamble, las piezas y posiciones que estas deben tener ayudándose con la tabla de materiales. Este ensamble es el ejemplo de un ensamble desmontable, en el cual ya no se podrá aplicar ningún tipo de maquinado.

4.2.- Acabado superficial y tolerancias de las piezas.

Las condiciones de funcionamiento de una pieza obliga a establecer holguras o aprietes entre ella y aquellas sobre las que se instala; por ejemplo, la condición de deslizamiento entre un pistón y el cilindro sobre el que debe moverse implica necesariamente la necesidad de un “juego”, la magnitud del mismo dependerá de una serie de condiciones funcionales tales como el grado de estanqueidad requerido, del fluido que produce el desplazamiento, del rozamiento esperado, la longitud del pistón y la biela, los materiales utilizados, temperatura máxima de funcionamiento, velocidad de desplazamiento, etc. Siendo por tanto el valor del citado “juego” es un dato que fijará el diseñador en función de la experiencia, de las consideraciones anteriores y de un sistema establecido para tolerancias según sea requerido.

Debido a la precisión de la celda de carga, y como resultado de las pruebas realizadas con el modelo previo, se llega a la conclusión de que se necesitan acabados que permitan el fácil deslizamiento de la chistorra por los platos de pesaje, para que estas tengan la mínimo de fricción que en un principio fueron fundamentales para las lecturas erróneas del modelo previo. El acabado ayuda también para evitar la acumulación de suciedad superficial, piezas por las cuales se desliza el producto.

Estas características son especificadas en los planos de fabricación las cuales son fundamentales para el acabado final de las piezas y el ensamblaje de unas con otras, es por ello que se debe tener una correcta aplicación de tolerancias según las normas.

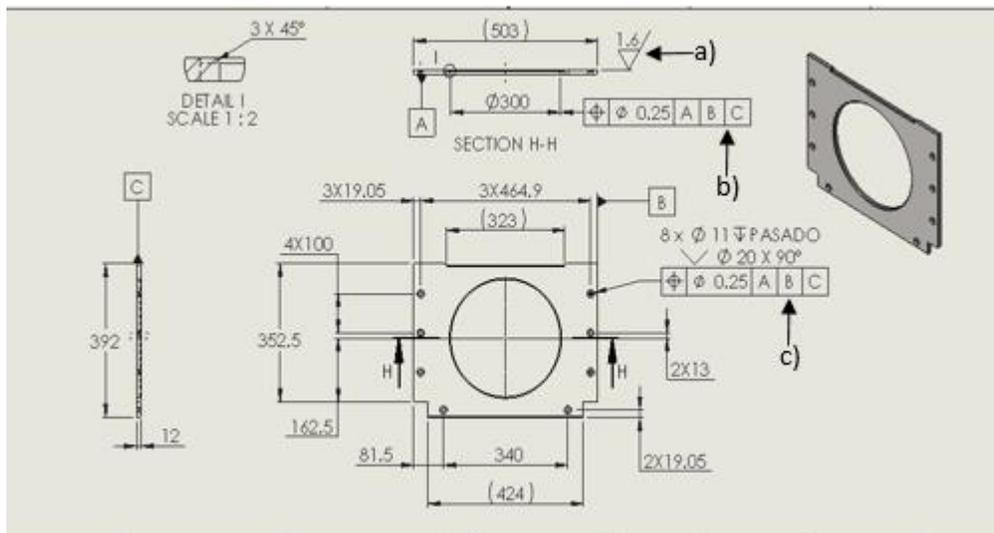


Fig. 48.- Plano de fabricación con especificación para acabados y tolerancias.

Se puede ver en la Fig. 48-a), uno de los símbolos para especificar el acabado superficial, así como tolerancias geométricas representadas en la Fig. 48-b) y Fig. 48-c) que ayudan a tener adecuadas referencias de diseño, éstas no sólo dependen de la pieza misma, sino también de las demás piezas con las que esta tendrá contacto físico y de acuerdo a estos contactos, se asigna el tipo adecuado de tolerancia.

4.3.- Manufactura y ensamble.

En este punto se podrá ver algunas de las piezas y sub-ensambles que fueron resultados de los planos de fabricación. En esta parte del proyecto, es muy importante estar en constante comunicación con el área encargada de manufacturar o rediseñar las piezas, y así poder solucionar las dudas que surgen en el proceso.

4.3.1.- Estructura rediseñada.

Como se ha mencionado, la estructura del modelo previo fue rediseñado y adaptado para cumplir con las características necesarias que solicitaba el nuevo mecanismo de pesaje y enrollado de chistorra para poder ser ensamblado.



Fig. 49.- Estructura rediseñada para la nueva montura.

En la Fig. 49 se puede apreciar el nuevo diseño de la estructura, donde debe ir ensamblado el mecanismo, de acuerdo en lo mostrado en las secciones anteriores.

4.3.2.- Manufactura de piezas.

A continuación, se muestra una galería de fotos de algunas de las piezas elaboradas en el taller, dentro de éstas se puede ver piezas en proceso y otras finalizadas.

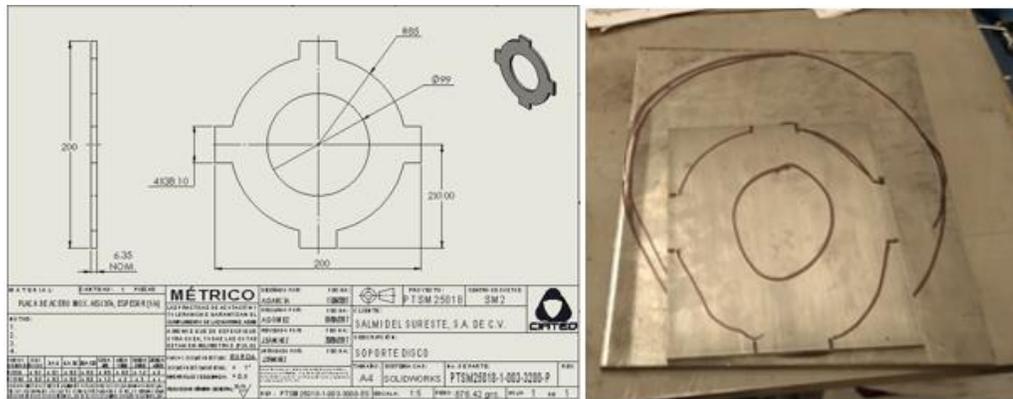


Fig. 50.- Soporte de disco superior. Material: Acero inox. AISI 304.

Las piezas que deben soldarse para formar un sub-ensamble, no pueden ser maquinadas antes, ya que una vez sometidas al proceso de soldadura y altas temperaturas, sufren deformaciones, por lo que pierden las tolerancias adquiridas en el proceso de maquinado, por lo que estos sub-ensambles deben maquinarse una vez que estén finalizados. En la Fig. 50 se puede ver un ejemplo de estas piezas, la cual sólo pasa por un proceso de corte burdo y posteriormente debe ser soldado a otras piezas para formar un sub-ensamble de soldadura.

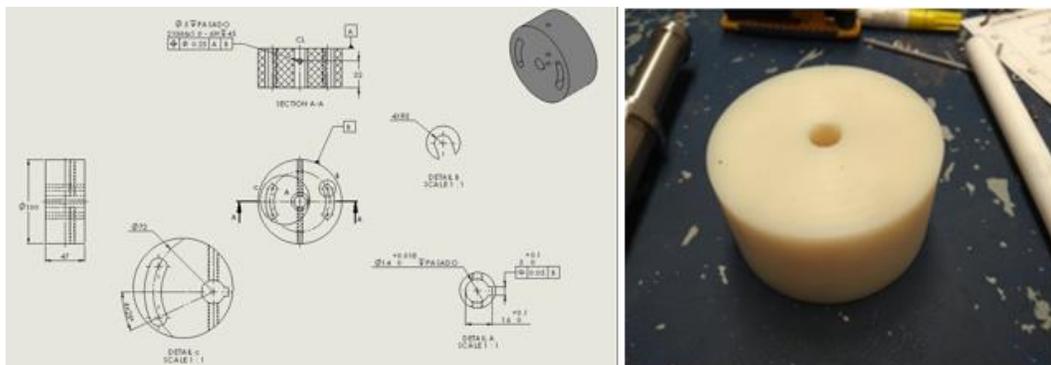


Fig. 51.- Pieza de enlace pernos-servo. Material: Nylamid blanco.

En la Fig. 51 se aprecia el plano de fabricación y la pieza que está aún en proceso, esta pieza, es la que transmite el giro del servomotor a los pernos encargados de enrollar la chistorra, está elaborada de Nylamid blanco (materiales de grado alimenticio) con un diámetro de 100 mm y espesor de 47mm.

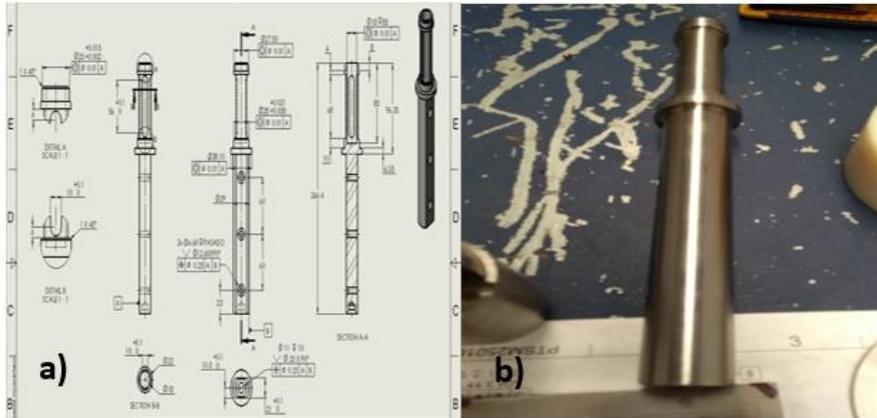


Fig. 52.- Eje principal. Material: Acero inox. AISI 304.

En la Fig. 52 se muestra el eje principal de la montura, el encargado de transmitir el peso desde el disco giratorio superior hasta la celda de carga mediante el contacto con un balín. Ésta requiere de un gran número de tolerancias geométricas, donde van montados los rodamientos y de esos ajustes depende que al enrollarse la chistorra, el giro no arroje datos inexactos en la celda de carga, como se ve en la Fig. 52-b), pieza aún en proceso.

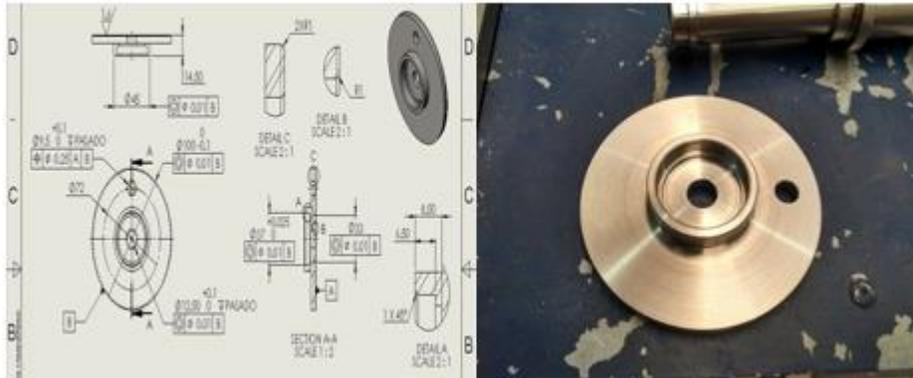


Fig. 53.- Disco giratorio superior. Material: Acero inox. AISI 304.

Para la Fig. 53 se tiene el disco giratorio superior, por la cual se fijan los dos pernos y sobre la misma ocurre el proceso de enrollado. Para esta pieza como se aprecia en el plano de fabricación se necesita un mejor acabado superficial debido a que está en contacto directo con la chistorra.

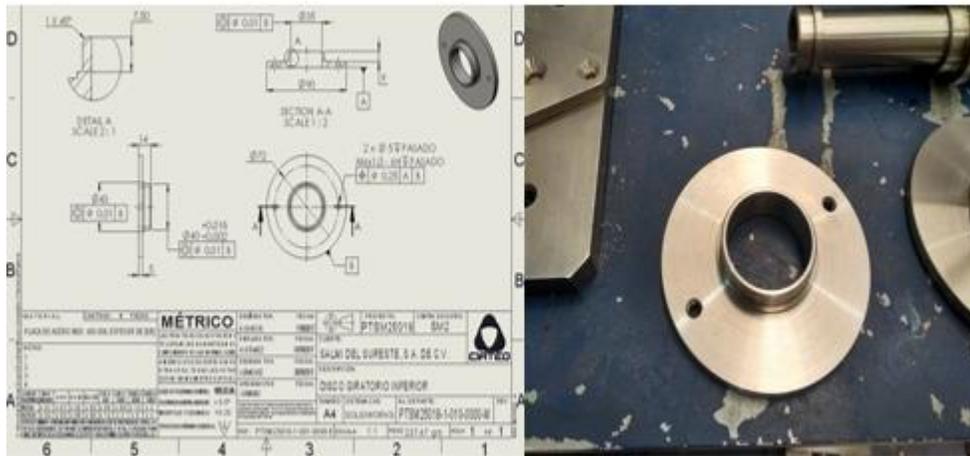


Fig. 54.- Disco giratorio inferior. Material: Acero inox. AISI 304.

En la Fig. 54 se muestra el disco giratorio inferior de la montura, sobre la cual va enroscado uno de los pernos, esta cuenta con dos agujeros para el perno, como se ve en el plano de fabricación. Esta pieza se ensambla por medio de un rodamiento al eje principal, el cual pasa por el centro de la pieza.



Fig. 55.- Soporte perno central. Material: Acero inox. AISI 304.

En la Fig. 55 se tiene la pieza encargada de transmitir el movimiento lineal de los pistones y mediante otras piezas a los pernos móviles, los cuales necesitan de ese movimiento para subir o bajar según sea necesario en el proceso. Esta pieza, al estar en contacto con un rodamiento, debe tener tolerancias específicas como las que se muestran en el plano de fabricación.

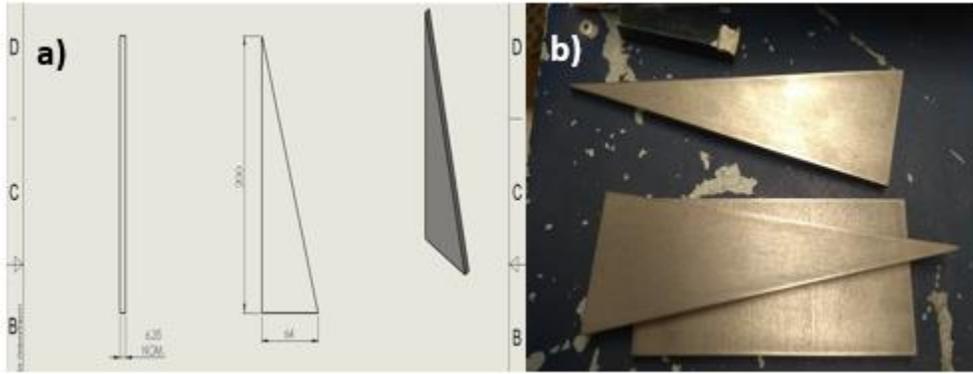


Fig. 56.- Cartabón. Material: Acero inox. AISI 304.

Se muestra en la Fig. 56 el plano de fabricación para dos cartabones de las mismas medidas, que se pueden ver fabricados en la Fig. 56-b), los cuales serán los soportes de rigidez para la base donde va montada la guía lineal comercial. Estos, al no ir en contacto directo con la chistorra, no es necesario especificar un acabado superficial, ya que basta con la limpieza que se le realiza a la pieza. Al mismo tiempo, las piezas que se les realiza un proceso de soldadura y por lo tanto, obtener un sub-ensamble soldadura.

En la Fig. 57 se puede ver algunas de las máquinas e instrumentos utilizados para la manufactura de las piezas, entre ellas torno, fresadora y calibradores digitales.



Fig. 57.- Algunos de los instrumentos de medición y maquinarias utilizados.

4.3.3.- Sub-ensambles.

El modelado y elaboración de la ingeniería de detalle de estos sub-ensambles, es fundamental para facilitar la elaboración del ensamble final. A continuación, se presenta uno de los sub-ensambles y características de sus planos de fabricación.

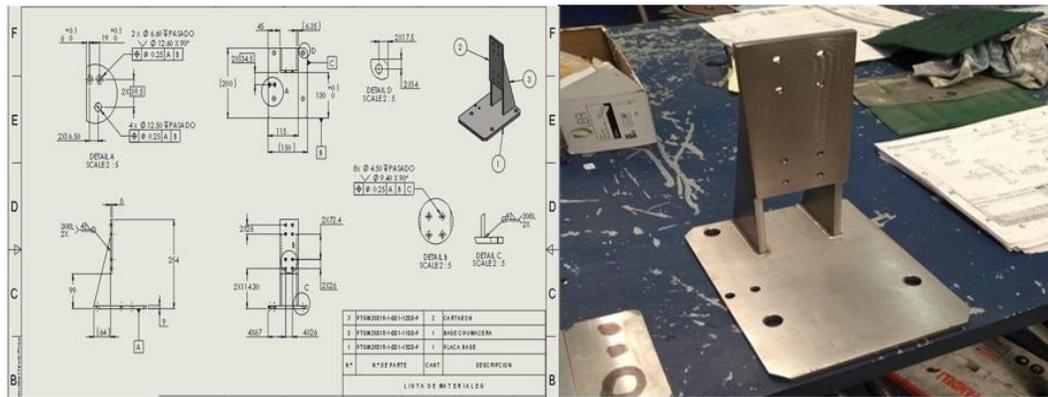


Fig. 58.- Sub-ensamble de soldadura. Base de la montura.

En la Fig. 58 se ve el ejemplo de un ensamble soldadura, donde una de las piezas utilizadas es el de la Fig. 56 (especificados en la tabla de materiales). En este plano de fabricación ya se especifica el acabado superficial del ensamble y tolerancias geométricas que debe tener, solo si ya no es necesario que pase por otro proceso de soldadura.



Presentación: Electrodo (SMAW)
 Resistencia a la Tensión: 90,000 Libras/pulg²
 Tipo de Corriente: CA ó CD Electrodo Positivo (Polaridad Inversa)
 Limite Elástico: 60,000 libras/pulg²

Fig. 59.- Datos técnicos del electrodo 308L.

El electrodo para soldar estos materiales, es el 308L especial para material inoxidable. El revestimiento de este electrodo permite soldar con los amperajes más bajos, deja cordones sin salpicaduras, planos, lisos y sin socavones, muy resistente a la corrosión. En la Fig. 59 se puede ver algunos de los datos técnicos acerca de este electrodo.

A continuación se presentan algunas imágenes de sub-ensambles desmontables, donde se utilizan piezas comerciales y piezas no comerciales.



Fig. 60.- Sub-ensamble. Eje central.

Como ya se ha mencionado, para este tipo de ensambles o sub-ensambles es requerido el acabado final de las piezas que serán utilizadas, una vez ensamblado, no se puede aplicar otro proceso a menos que sea desensamblado.

En la Fig. 60 se presenta el sub-ensamble del eje central, junto a las piezas comerciales de la marca SMC los cuales son cilindros neumáticos de grado alimenticio, junto a estas piezas se pueden observar algunas de las piezas manufacturada, como son los pernos de Nylamid, los discos superior e inferior, el soporte del perno central, entre otros.



Fig. 61.- Sub-ensamble. Base celda de carga.

En la Fig. 61 se tiene otra parte del mecanismo, el sub-ensamble de la base de la celda de carga y toda la montura. Éste sub-ensamble está compuesto por dos sub-ensambles soldados y dos piezas comerciales, la celda de carga y la guía lineal marca Thomson.



Fig. 62.- Sistema de pesaje y enrollado completo.

Para la Fig. 62 se tiene el ensamble completo para el pesaje y enrollado de chistorra, la cual debe ser montada en la estructura como se ve en la Fig. 63.



Fig. 63.- Alineación con servo de sistema de pesaje y enrollado.

Antes de fijar el sistema de pesaje y enrollado de chistorra con la estructura, es necesario alinearla contra el centro del servomotor, el cual tiene como función “embonar” con los pernos del mecanismo y mediante estos hacer girar el sistema.

4.3.4.- Precisión en el montaje.

Se ha hablado acerca de la precisión y de la necesidad por lograr eliminar los problemas de desbalance del ensamble que al final repercuten en la celda de carga, estos problemas disminuyen con el acabado de las piezas y el correcto ensamblaje de la montura final. Estos procesos de maquinado que son necesarios para un mejor montaje, terminan elevando tanto el costo del proyecto como el tiempo, ya que, se requiere días suficientes para lograr acabados específicos dependiendo también de la pieza.



Fig. 64.- Ajuste en posición de celda de carga.

En la Fig. 64, se aprecia el momento de ajustar para posteriormente ensamblar la celda de carga a la base del mecanismo, se debe ser muy cuidadoso para centrar la celda de carga ya que sobre ésta se monta el eje central.



Fig. 65.- Ajuste en posición de placa superior de celda de carga.

En la Fig. 65, se puede ver el ajuste realizado a la placa superior de la celda de carga, sobre la cual va montado el eje del mecanismo, al ser la pieza que carga con todo el mecanismo es muy importante que esté muy bien centrada con la celda de carga para que pueda concentrar el peso en un solo punto y no distribuya diferentes pesos en diferentes direcciones.



Fig. 66.- Verificación de alineación contra centro de servo.

Se realizan pruebas de alineación con un indicador de carátula (Fig. 66), para asegurar que el servomotor no se encuentre cargado más en otra dirección y permitir lecturas correctas en el momento de enrollar y pesar la chistorra.

Tomando en cuenta que el servo entra en contacto con el mecanismo al embonar con los pistones y transmitir el giro, este transmite una fuerza a la celda de carga que debe ser tomada en cuenta para que no influya en el peso de la chistorra.

CAPÍTULO 5.- RESULTADOS.

Las pruebas del mecanismo se realizan con algunos faltantes en el manufacturado y maquinado de la estructura, por lo que los resultados arrojados son sólo un bosquejo de lo que se puede llegar a tener al finalizar cada punto.

5.1.- Pruebas de repetitividad de celda de carga.

Debido a las faltantes en la manufactura para finalizar el proyecto, solo se realizan pruebas en la celda de carga, las cuales dirán si esta arroja lecturas correctas, evaluándose estática y dinámicamente.

Para la prueba, es necesario montar el mecanismo de enrollado y pesado de chistorra en la estructura, la cual tiene que ser unida mediante mordazas para que el mecanismo se mueva lo menos posible y no provoque demasiadas vibraciones al momento de girar, esto debido a que el barrenado en la estructura aún no se ha realizado.



Fig. 67.- Montura para enrollar y pesar chistorra.

En la Fig. 67 se ve el sistema completo de pesado y enrollado de chistorra montado en la estructura, lista para hacer pruebas, donde se analiza de forma estática si la celda de carga arroja resultados correctos y regresa al valor del peso inicial marcado como “0” de acuerdo al peso al que es sometido en diferentes ocasiones. Para estas pruebas, fue necesario asentar la guía vertical con los carros.

La celda de carga tiene un límite de 10 kg, dentro del cual el proveedor garantiza lecturas correctas, tomando en cuenta que la celda de carga recibe el peso de todo el mecanismo y este tiene un peso aproximado de 8.25 kg, se cuenta con 1.75 kg dentro del cual la celda estará funcionando correctamente.

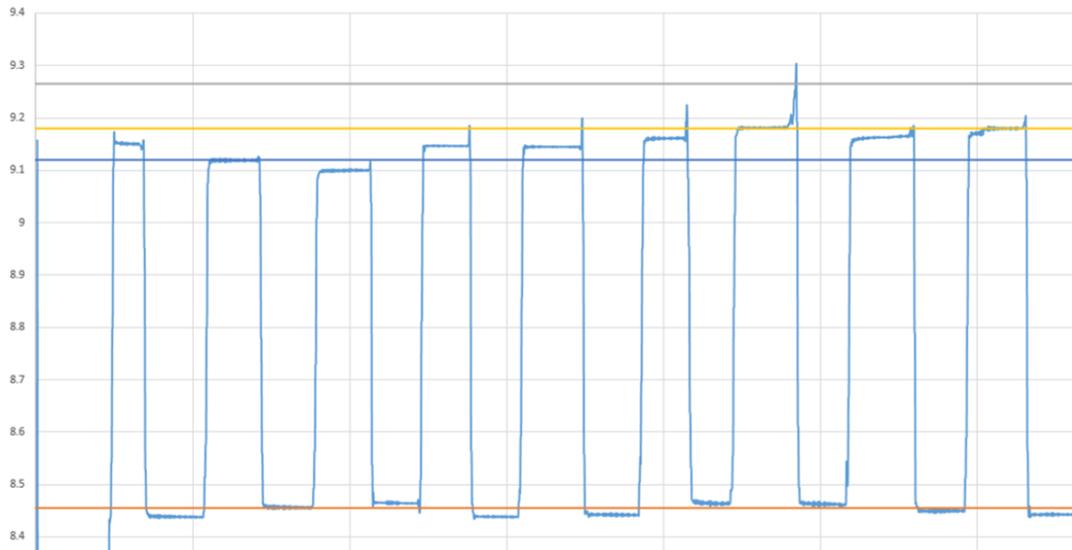


Fig. 68.- Prueba de repetitividad de celda de carga.

Para los resultados de la gráfica de la Fig. 68 en la prueba se utilizó un peso de 776 g, el cual se coloca en el centro de la montadura y se retira después de unos segundos, este proceso se repite en 9 ocasiones. Es posible darse cuenta que la celda de carga no arroja resultados constantes al poner y quitar un mismo peso, el cual tiene una variación máxima de aproximadamente 92 g. Uno de los puntos importantes es también el valor inicial al que debe regresar la carga, en el cual, también tiene variaciones.

5.3.- Pruebas de incremento de peso dinámico.

Una vez realizado las pruebas con el mecanismo estático, se verifica que las lecturas arrojadas estén en el rango aceptable para el mecanismo al estar realizando la función de enrollado.



Fig. 69.- Mecanismo montado en estructura para prueba.

En la Fig. 69-b) se puede ver el mecanismo montado en la estructura, donde el servomotor encargado de inducir el giro, es el que guía la posición final del mecanismo, ya que este deberá acoplar con los pernos como se aprecia en la Fig. 69-a).



Fig. 70.- Método usado para prueba de incremento de peso.

Los resultados mostrada en la Fig. 71 se obtienen con una prueba realizada con incremento de peso y con el servomotor haciendo girar el mecanismo (Fig. 70).

Para esta prueba el servomotor se encuentra en la parte superior inicial para posteriormente, bajar, acoplar con los pernos a los cuales le trasmite el giro y una vez finalizado el giro se detiene y regresa a su posición de inicio.

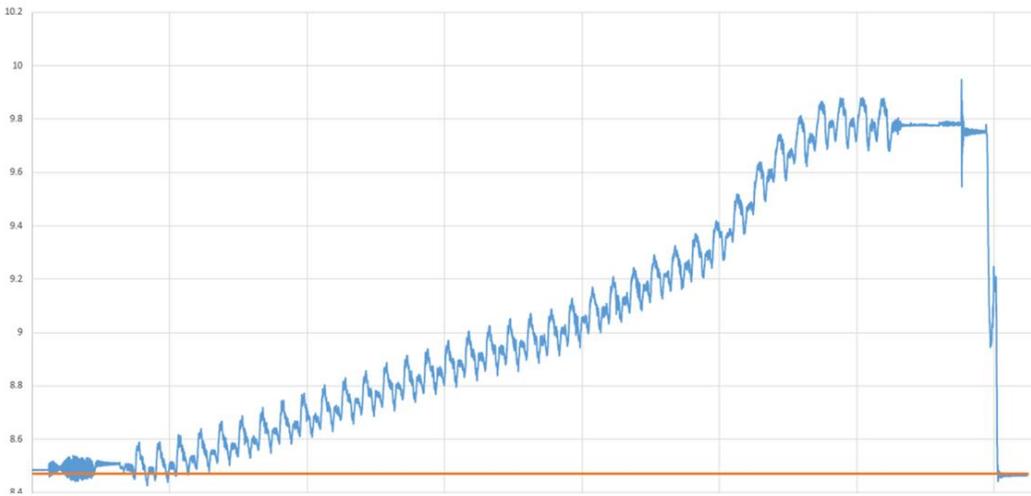


Fig. 71.- Prueba de incremento de peso. Prueba dinámica.

Se puede apreciar en la gráfica el incremento que se va generando por los tornillos puestos en la caja sobre la montura, sin embargo, la celda de carga detecta vibraciones y ruidos que afectan la lectura precisa del peso al que realmente se le está sometiendo.

5.2.- Pruebas de arrastre sin peso.

Para poder tener una mejor idea de donde se presenta el problema de ruido generado, se realiza una prueba de todo el proceso, desde que el servomotor se encuentra en su posición inicial, baja y gira, hasta que deja de girar y regresa a su posición inicial. Para esta prueba no se utiliza ningún tipo de peso extra.

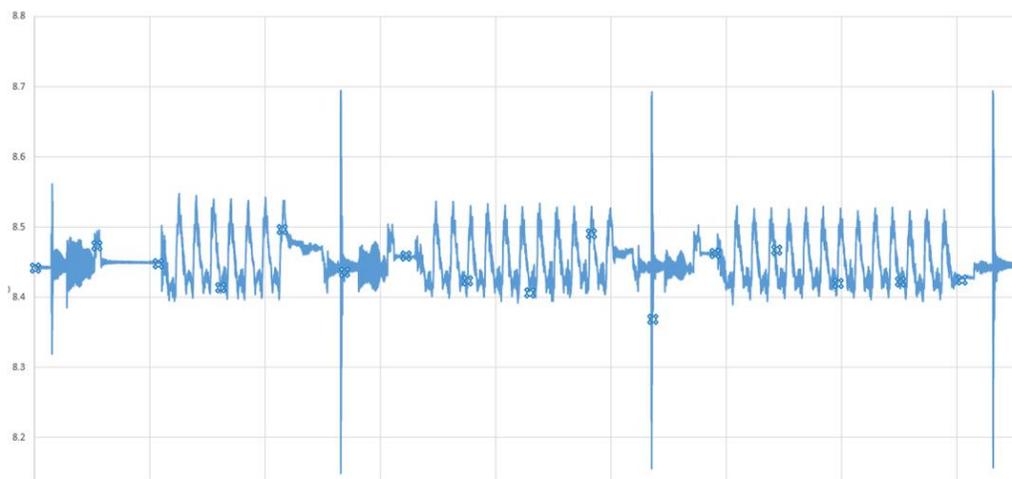


Fig. 72.- Prueba de giro sin peso.

En la Fig. 72 se puede ver la gráfica generada por los resultados de la prueba, en ésta es posible apreciar que al igual que los resultados mostrados en la Fig. 69 presenta la variación generada por vibraciones y ruidos que la celda de carga procesa en los resultados.

5.4.- Pruebas posteriores a alineación y asentamiento del mecanismo.

Gracias a estas pruebas es posible darse cuenta que el problema no se presenta en el momento de pesar e incrementar el peso, ya que al final la celda de carga se estabiliza y arroja un resultado dentro del rango buscado, por lo que el problema se encuentra en el ruido presentado al exterior de la celda de carga, como puede ser: vibraciones generada en el ensamble de la misma montura, mal alineación de la montadura y el servomotor o el mal asentamiento de las guías lineales que sujetan al mecanismo con la estructura.

Para las siguientes pruebas, se fija la montadura para pesar y enrollar chistorra a la estructura, así como anexado las piezas faltantes en la estructura (Fig. 73).



Fig. 73.- Acabados y ensamblado de piezas a estructura.

5.4.1.- Prueba 2 de repetitividad de celda de carga.

A continuación se presentan las pruebas de repetitividad, giro de servo sin peso y giro de servo con incremento de peso, estos realizados una vez checado la alineación del mecanismo para enrollar y pesar chistorra como la alineación del mismo con el servo. Así también, se asientan las guías lineales para que tengan un ajuste más holgado y permitan un movimiento más libre del peso que se presenta encima de la celda de carga permitiendo también que regrese a su posición inicial una vez retirado el peso.

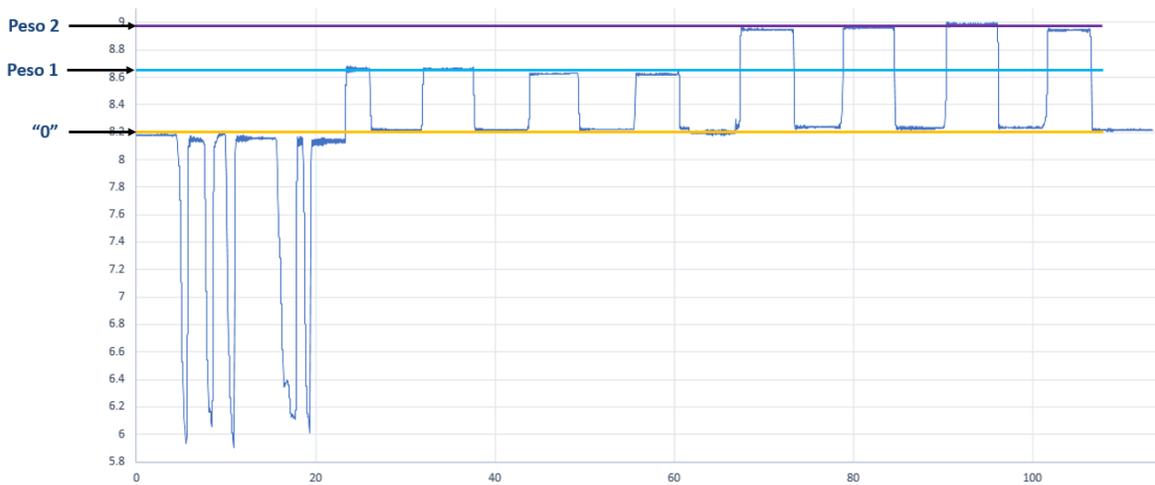


Fig. 74.- Pruebas de repetitividad con peso muerto.

En la Fig. 74 se muestra la gráfica del resultado arrojado por la celda de carga, en éste se aprecia una pequeña inconsistencia al iniciar la prueba provocado por el levantamiento del mecanismo, con lo cual la celda de carga deja de recibir todo el peso, este levantamiento es realizado conscientemente para realizar un “reset” de la celda de carga. Al iniciar con el peso de todo el mecanismo, la celda arroja desde un inicio un peso aproximado de 8.25 kg, donde posteriormente se le agrega un “peso 1”, el cual es detectado por la celda y al retirarlo regresa con un rango de error al peso de inicio, posteriormente se analiza con un “peso 2”. Estos pasos se repiten 4 veces para verificar la constancia en las lecturas y donde se aprecia, a comparación de las pruebas pasadas, que en un análisis estático la celda de carga no tiene problemas al arrojar datos correctos con diferentes pesos y los errores son mínimos.

5.4.2.- Prueba 2 de arrastre sin peso.

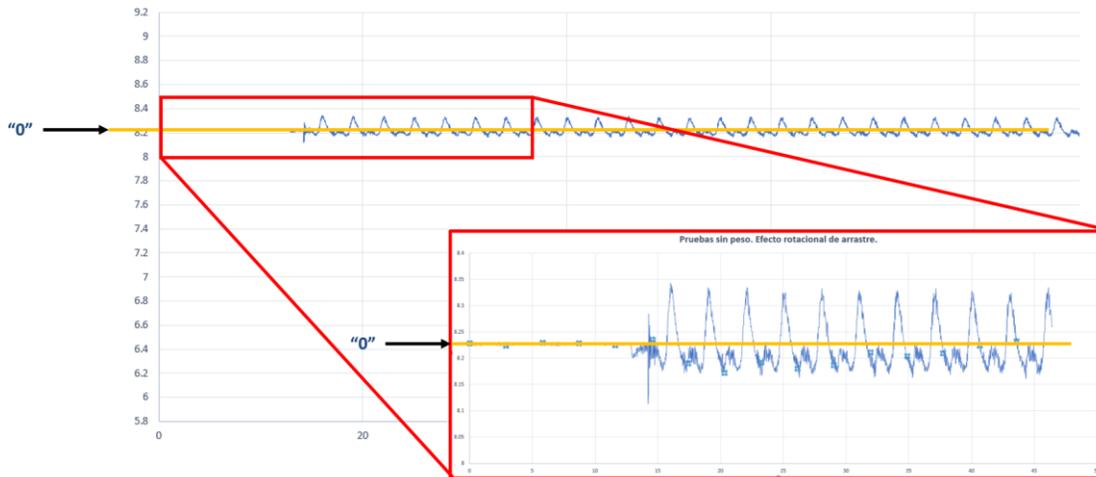


Fig. 75.- Gráfica de lectura arrojada por la celda de carga. Servo girando.

La prueba se realiza solo con el peso del mecanismo, el cual tiene un peso aproximado de 8.25 kg (Peso "0" en Fig. 75). Se busca observar que la celda, al estar el mecanismo en movimiento, reporta lecturas constantes y repetibles de peso, lo cual como se ve, aún con los ajustes realizados en la alineación y asentamiento de las guías lineales, muestra variaciones.

5.4.3.- Prueba 2 de incremento de peso dinámico.

Esta prueba se realiza con las mismas condiciones que la prueba del punto 5.4.2, con la diferencia que en esta, se incrementa el peso sobre el mecanismo, el cual debe ser detectada y pesada por la celda de carga. Para esta prueba se utiliza chistorra, la cual se encuentra en una tira larga y debe ser enrollada en el plato superior del mecanismo con lo que el peso debe ir aumentando mientras que el servomotor genera el giro de los pernos del mecanismo (Fig. 76).



Fig. 76.- Condiciones de prueba.

En la Fig. 77 se aprecia el incremento de peso realizado, también es posible darse cuenta que el ruido generado por el arrastre se sigue manteniendo, siendo muy parecido a los ciclos que se presentan en las pruebas sin el incremento de peso de la Fig. 75.

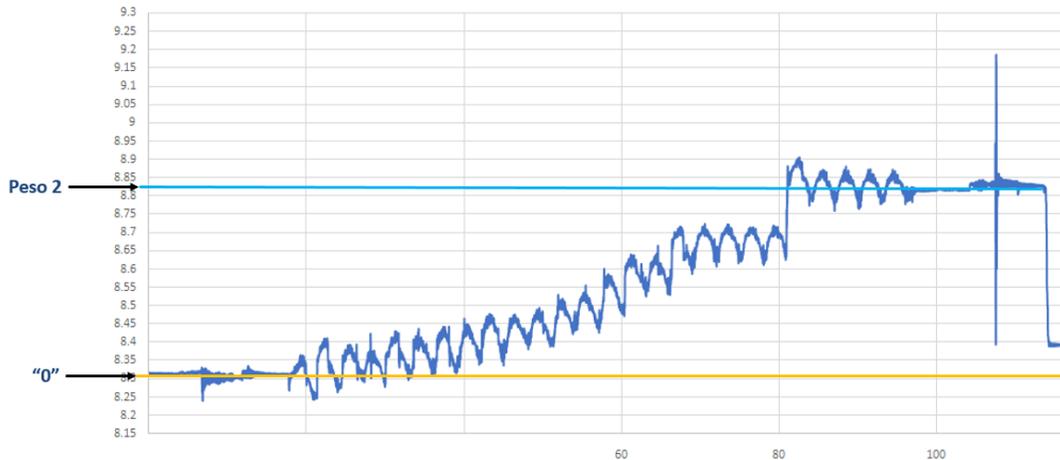


Fig. 77.- Prueba de enrollado con incremento de peso.

Al comparar las gráficas de las pruebas dinámicas sin incremento (Fig. 75) y con incremento de peso (Fig. 77) es posible notar que el ruido presentado en el arrastre es muy similar al ruido presentado en la prueba de incremento, lo que indica que para disminuir el ruido en el momento de pesar la chistorra, es conveniente primero eliminar el ruido generado por el giro del servomotor sobre el mecanismo.

Para lograr mejor constancia en repetitividad de lectura de acuerdo a las gráficas obtenidas por las pruebas realizadas, es de gran ayuda asentar la guía lineal con los carros móviles. Para la parte dinámica no se ha logrado eliminar o disminuir en gran cantidad el ruido por arrastre generado solo por el movimiento del servomotor.

5.5.- Pruebas con otros principios.

Para reducir el problema de ruido en la celda de carga generado por el movimiento del servomotor en el momento de acoplar en los pernos del mecanismo y transmitir el movimiento, se realizan pruebas con otros principios con los cuales se busca principalmente transmitir la menor cantidad de fuerzas al mecanismo con los cuales la celda de carga sea afectada en las lecturas del peso de chistorra.

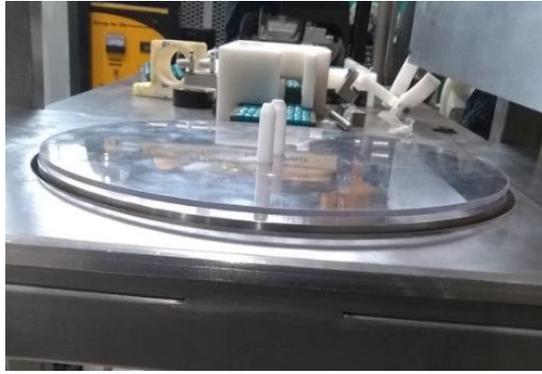


Fig. 78.- Pieza de acetal ensamblada.

Para estas pruebas se busca que la chistorra genere el mínimo de fricción posible con el plato del mecanismo por lo que se opta por hacer un plato de giro que abarque el diámetro de la chistorra enrollada (Fig. 78), provocando con esto que la chistorra gire en su totalidad con el plato.



Fig. 79.- Tornillo insertado en servomotor para transmisión de giro.

Así también se inserta un tornillo en el servomotor con el cual se evita que el perno del mecanismo deba acoplar en el servomotor y éste no aplique ningún otro tipo de fuerza sobre la celda sólo el de empuje (Fig. 79).

5.5.1.- Prueba 3 de incremento de peso dinámico.

Una vez haciendo las modificaciones mencionadas en la montura y el servomotor, se realiza una prueba de incremento de peso.

Para esta prueba se utiliza chistorra en una pieza larga la cual debe ser enrollada por los pernos (Fig. 80).

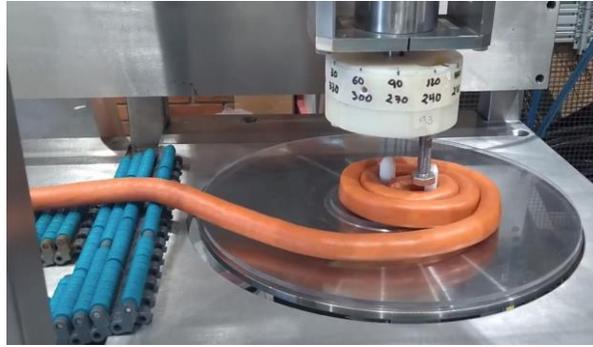


Fig. 80.- Principios de prueba 3 con incremento de peso.

Para los resultados de esta prueba se aplica el filtro de promedio, el cual da una respuesta más lenta pero ayuda a arrojar un resultado más limpio en cuanto a ruidos generados que la celda de carga detecta.

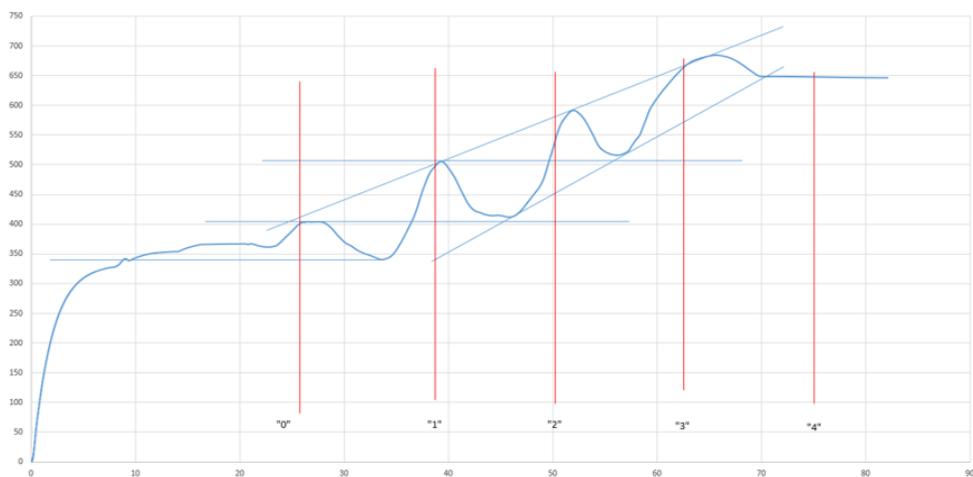


Fig. 81.- Prueba 3 de enrollado con incremento de peso.

En la Fig. 81 se puede ver los resultados arrojados por la celda de carga y el filtro por el cual se ha hecho pasar. En ella aprecia un resultado más limpio en cuanto a “picos” generados y es posible ver que durante el incremento se sigue un patrón de resultados que podría llegar a contrarrestarse si es posible encontrar la similitud entre ellos. Esta variación de resultados arrojados por la celda de carga se atribuye a la fricción aún generada por el arrastre, debido a que la tensión generada al jalar la chistorra no siempre es la misma, lo que implica un cambio de fuerzas generadas entre la chistorra y los pernos del mecanismo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Al realizar un pesado dinámico, se deben considerar muchos factores que intervienen en las lecturas de la celda de carga al ser esta muy sensible. Esto no implica que no se pueda lograr el objetivo deseado con el principio utilizado ya que con los filtros aplicados en la obtención de resultados en las gráficas y al lograr disminuir los problemas de fricción y fuerza aplicada sobre los pernos, es posible lograr lecturas estables y dentro del rango de aceptación como se aprecia en la mejoría de los resultados de la Fig. 80.

Para poder reducir el ruido en la celda de carga generada por la fuerza de fricción de la chistorra en los materiales a la hora de ser jalada para enrollar, sería conveniente hallar una función la cual corresponda a la fuerza total de fricción generada y restarla a los datos arrojados por la celda de carga, con lo cual deberían mejorarse los errores por arrastre.

El realizar el movimiento de enrollado de chistorra sin que tenga contacto con el mecanismo de la celda de carga ayuda a que a la hora de hacer las pruebas con el giro del servo, ésta no presente problemas al arrojar las lecturas ya que solo tendría que pesar un cuerpo estático que, como se vio en las pruebas presentadas, las lecturas arrojadas de un peso estático son más exactas que al estar en movimiento por lo que, una opción viable puede ser el separar el proceso de pesado y enrollado de chistorra, donde primero se tenga que pesar la cantidad de chistorra requerida (un peso estático) y posteriormente se enrolle la cantidad ya establecida.

ANEXO.

Anexo de gráficas.

Gráficas utilizadas para obtención de información.

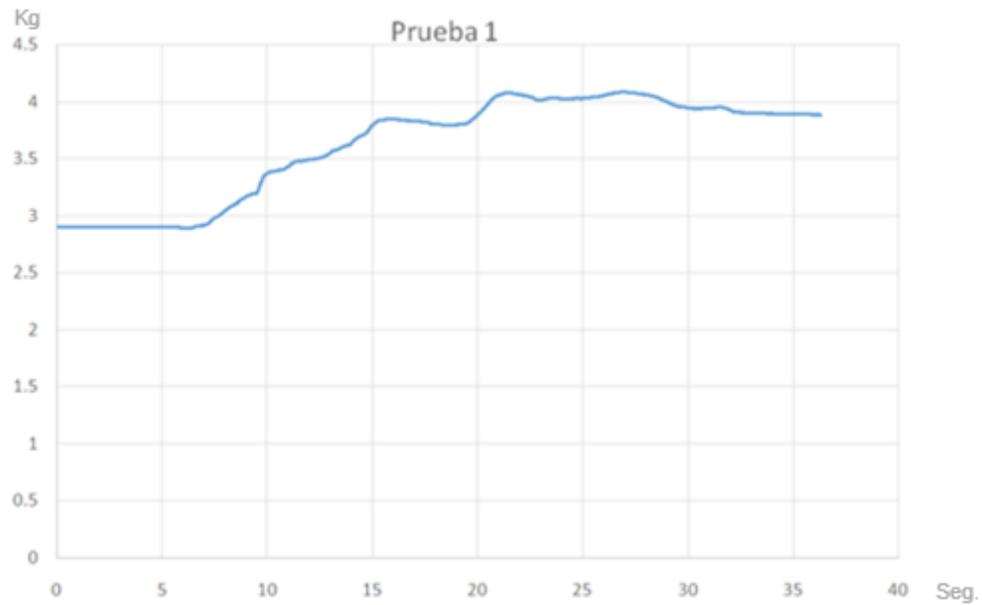


Fig. 82.- Usando bloqueo de giro del plato dinámico.



Fig. 83.- Usando giro libre del plato dinámico.

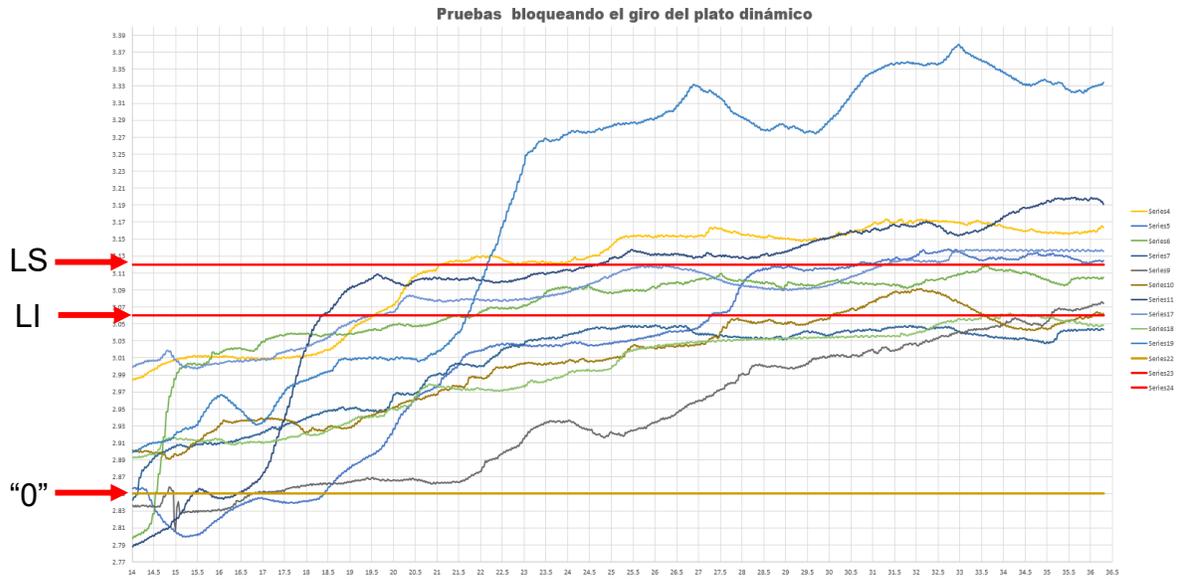


Fig. 84.- Gráfica del primer bloque de pruebas.

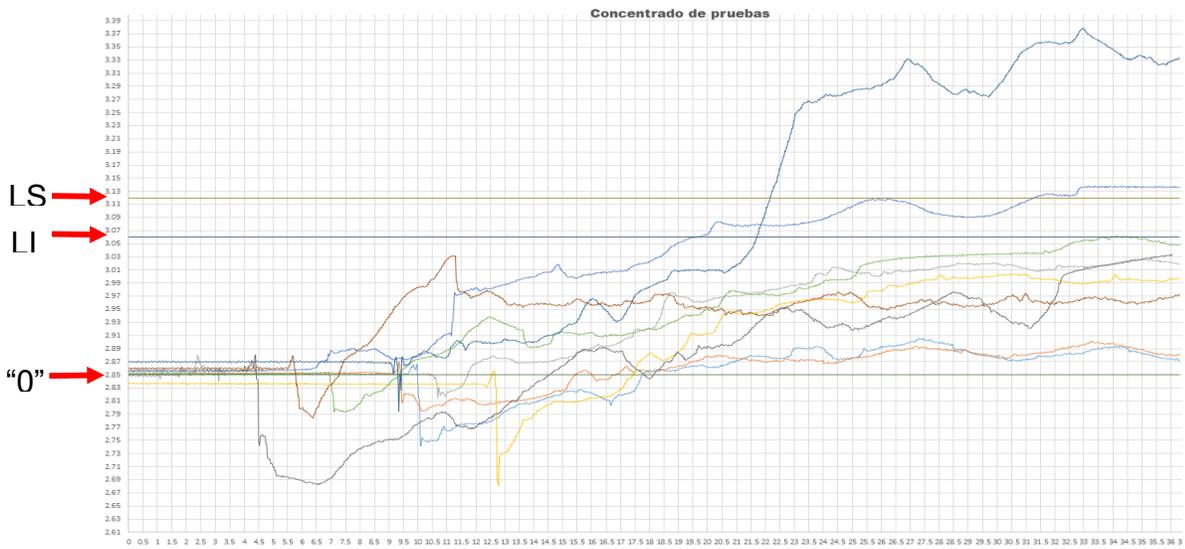


Fig. 85.- Gráfica del segundo bloque de pruebas.



Fig. 86.- Grafica de pruebas modificando secuencia de operación.

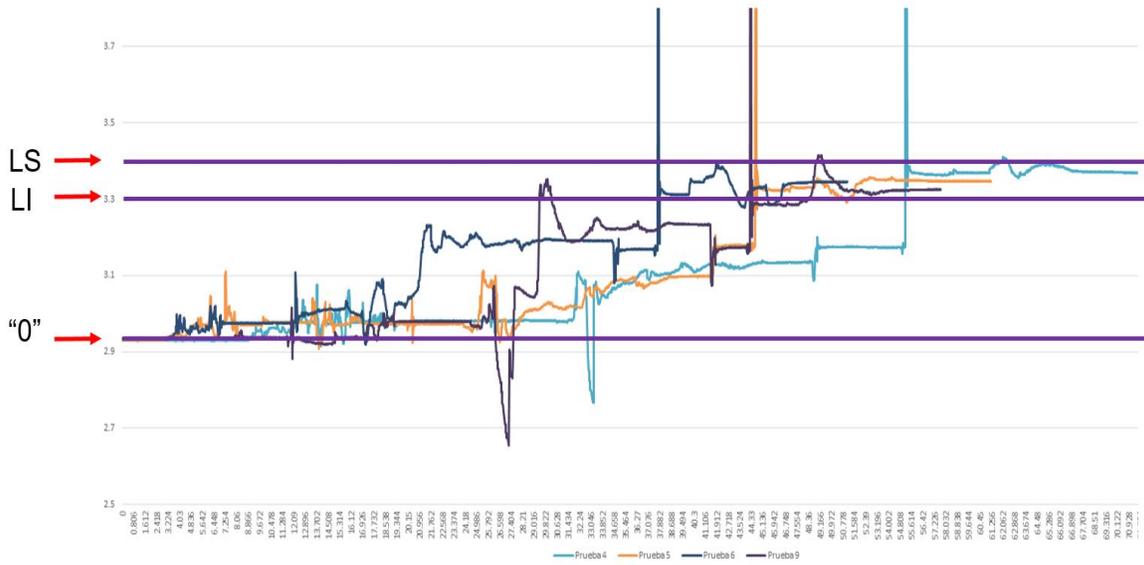


Fig. 87.- Pruebas 4, 5, 6 y 9 usando el mismo trozo de chistorra.

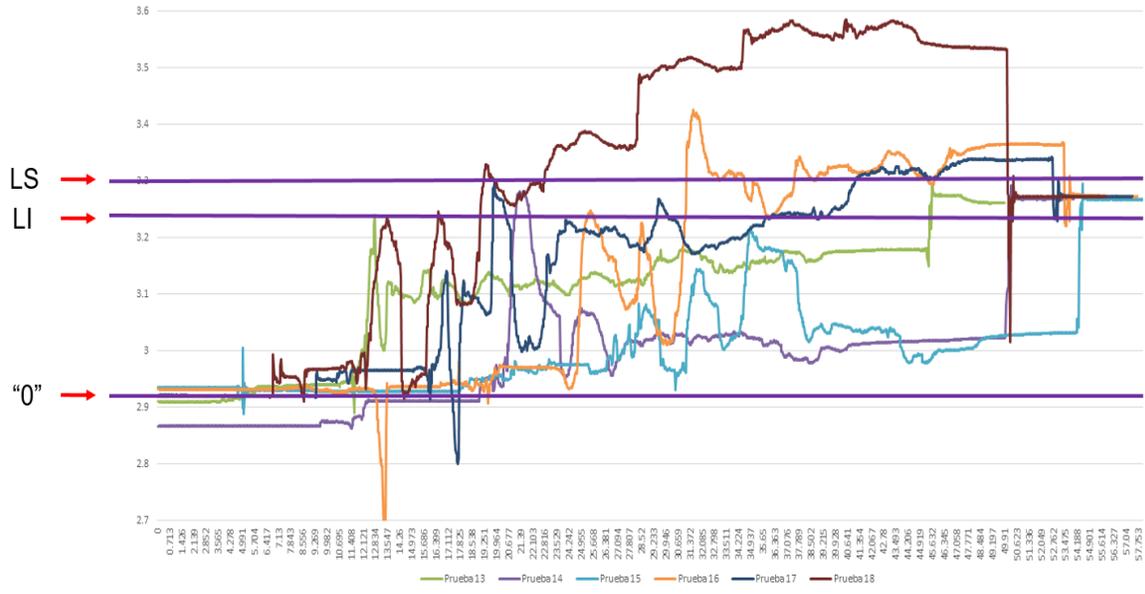


Fig. 88.- Pruebas 13 a 18.

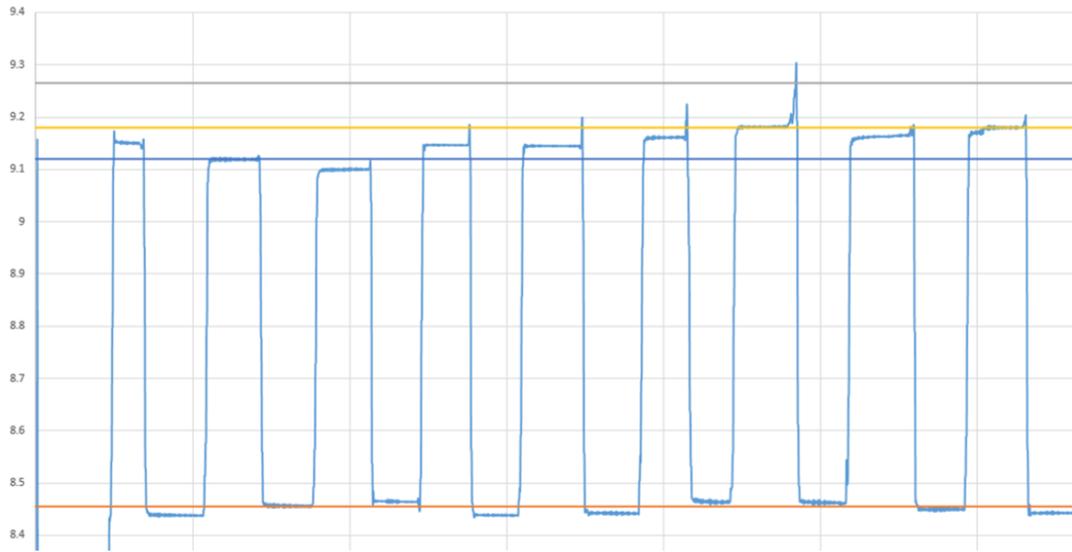


Fig. 89.- Prueba de repetitividad de celda de carga.

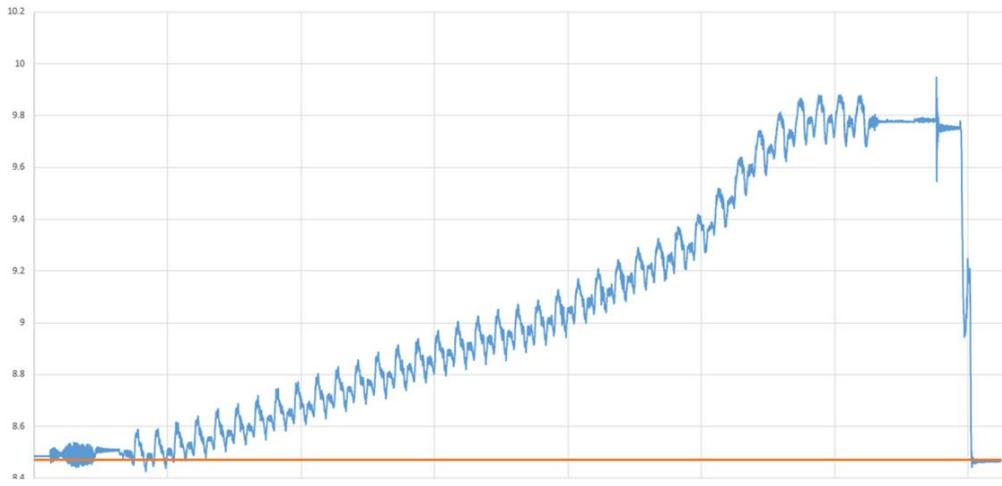


Fig. 90.- Prueba de incremento de peso. Prueba dinámica.

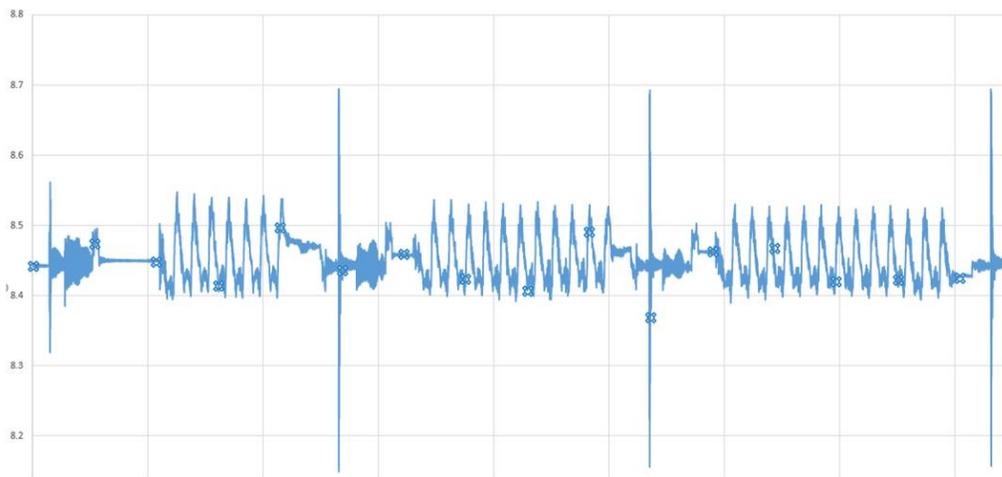


Fig. 91.- Prueba de giro sin peso.

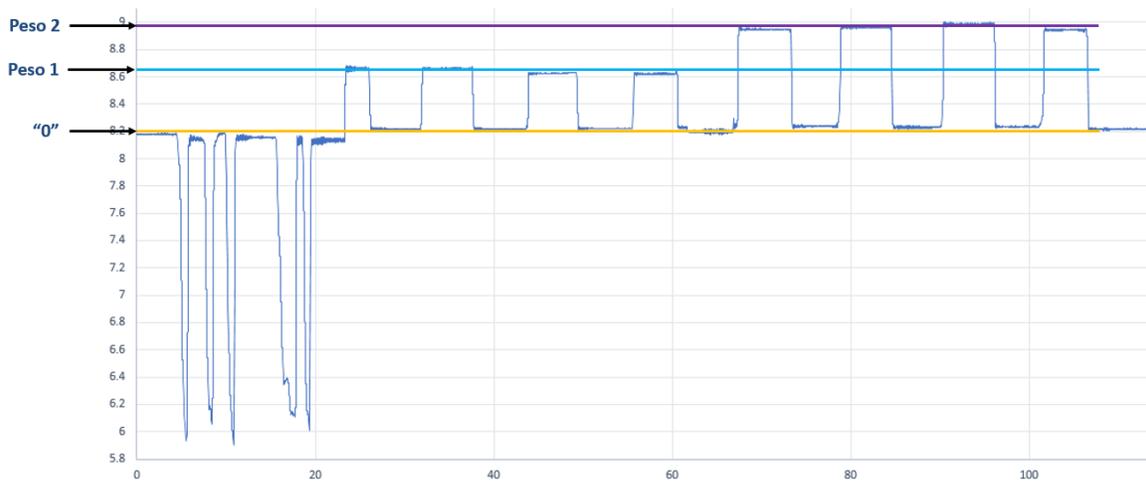


Fig. 92.- Pruebas de repetitividad con peso muerto.

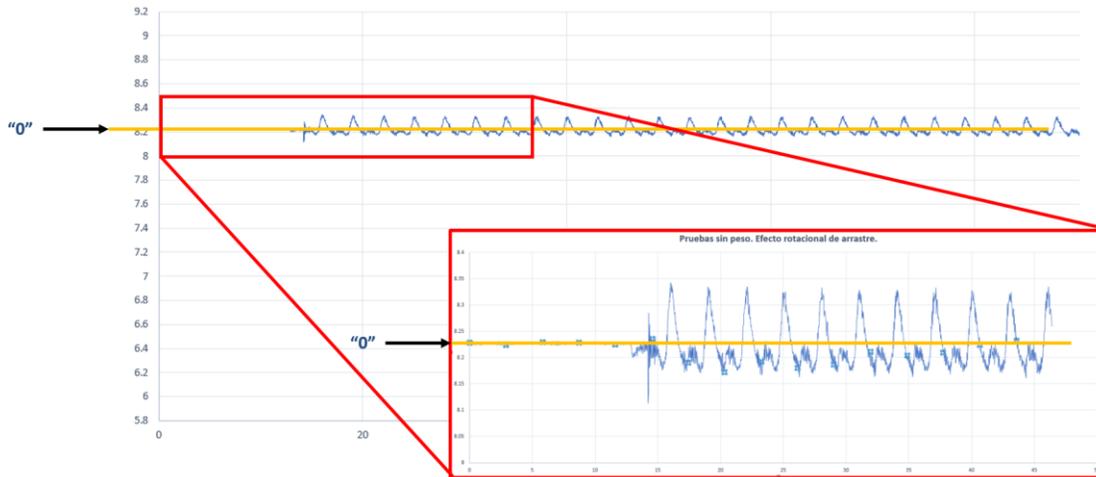


Fig. 93.- Gráfica de lectura arrojada por la celda de carga. Servo girando.

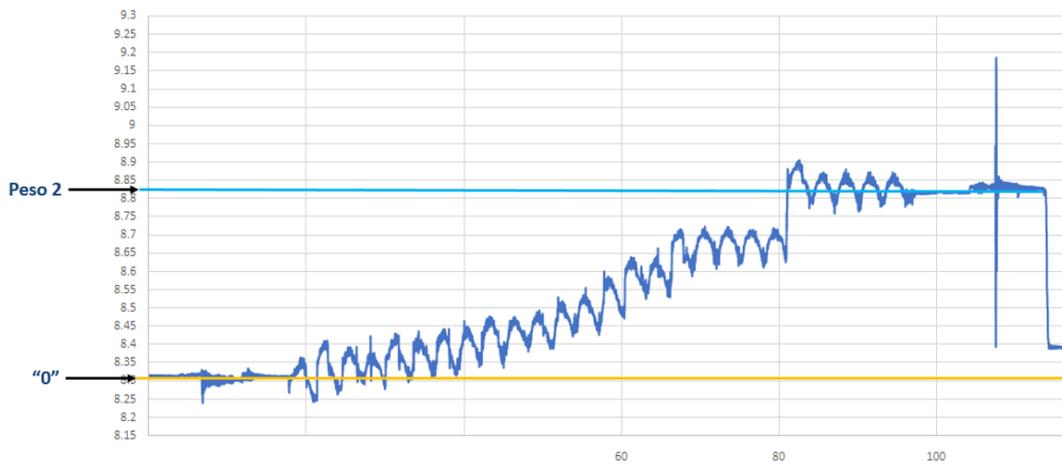


Fig. 94.- Prueba de enrollado con incremento de peso.

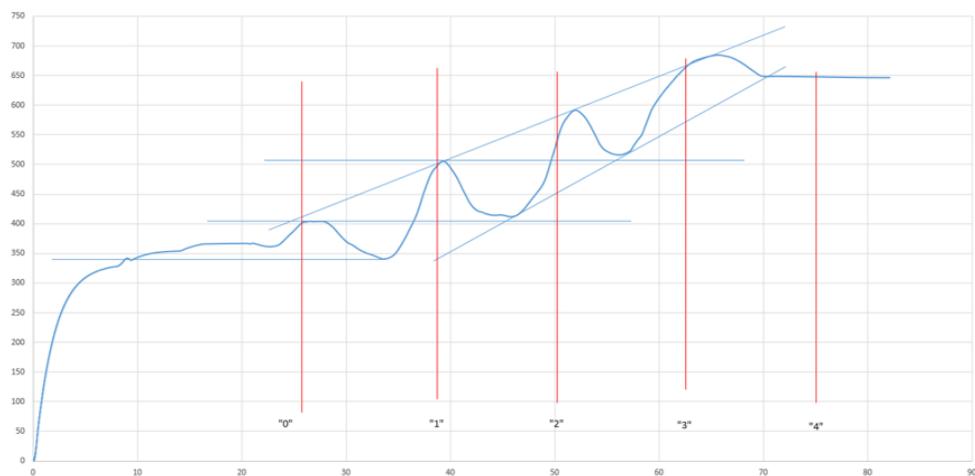


Fig. 95.- Prueba 3 de enrollado con incremento de peso.

REFERENCIAS.

[1]HISTORIA DE LA CARNE. Usmef.org.mx. Retomado 5 Septiembre 2017, de http://www.usmef.org.mx/USmeat2/Paginas/inicio.php?seccion=historia_carne

[2]Qué es la chistorra, cómo cocinarla y recetas. (2017). aboutespanol. Retomado 5 Septiembre 2017, de, <https://www.aboutespanol.com/que-es-la-chistorra-y-como-cocinarla-193729>

[3]Liceodelaspiedras3.files.wordpress.com. Retomado 10 Septiembre 2017, de, <https://liceodelaspiedras3.files.wordpress.com/2013/04/fc3adsica-marcelo-pioli.pdf>

[4]HISTORIA DE LA BALANZA. (2017). Equiposylaboratorio.com. Retomado 10 septiembre 2017, de http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=584

[5](2018). Retomado 13 Septiembre 2017, de <http://www.pesasybalanzas.com/index.php/es/deinteres1/funcionamiento>

[6]GmbH, P. (2018). Balanza analogica | PCE Instruments. Pce-instruments.com. Retomado 13 Septiembre 2017, de https://www.pce-instruments.com/espanol/balanza/balanza/balanza-analogica-kat_162013_1.htm

[7]Presentación de Metalquimia. (2018). Es.metalquimia.com. Retomado 25 Septiembre 2017, de <http://es.metalquimia.com/empresa/presentacion/>

[8]Sánchez, J. (2015). Template presentacion 2015 widescreen, [diapositivas PowerPoint]. Retomado 12 Octubre 2017 de CIATEQ, A.C.

[9]Sánchez, J. (2016). PRESENTACION D1 PTSM25018, [diapositivas PowerPoint]. Retomado 12 Octubre 2017 de CIATEQ, A.C.

[10]Sánchez, J. (2016). Información de pruebas, [diapositivas PowerPoint]. Retomado 12 Octubre 2017 de CIATEQ, A.C.

[11]Galga Extensiométrica. (2018). Scribd. Retomado 8 Noviembre 2017, de <https://es.scribd.com/document/252626058/Galga-Extensiometrica>

[12]Others, T. (2017). Soldadura de Acero Inoxidable 308L: Soldaduras Zelecta SA de CV, La Solución a sus Problemas de Soldadura. Soldaduraszelecta.com. Retomado 5 Noviembre 2017, de <http://soldaduraszelecta.com/productos/soldadura-de-acero-inoxidable-308l-p-50.html>

[13]¿Qué es una célula de carga y cómo funciona? Tipos de celda. (2018). Es.omega.com. Retomado 12 Diciembre 2017, de <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>

[14]WO2016095066A1 - Sistema de pesaje dinámico - Google Patents. (2018). Patents.google.com. Retomado 12 Diciembre 2017, de <https://patents.google.com/patent/WO2016095066A1/es?q=enrollado&q=din%C3%A1mico&q=celda+de+carga&oq=enrollado+din%C3%A1mico+celda+de+carga>

[15]US5332171A - Winding device for winding up and unwinding a tube, cable or hose - Google Patents. (2018). Patents.google.com. Retomado 12 Diciembre 2017, de <https://patents.google.com/patent/US5332171A/en?q=US5332171A>

[16]US6533205B1 - Fiber optic cable winding tool - Google Patents. (2018). Patents.google.com. Retomado 12 Diciembre 2017, de <https://patents.google.com/patent/US6533205B1/en?q=US6533205B1>