



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de un Resorte de Tope
Rebote (Rebound Spring)**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Rodrigo Espíndola Martínez

ASESOR(A) DE INFORME

M. en I. Mariano García del Gállego



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

**RODRIGO ESPÍNDOLA MARTÍNEZ: DISEÑO DE RESORTE DE TOPE REBOTE (REBOUND SPRING),
Para obtener el título de: Ingeniero Mecánico, © Ciudad de México, México, 2019**

Dedicatoria

A mi esposa, por su paciencia y apoyo

A mis padres por su cariño y soporte

A mi hijo, por ser mi gran motivación

Resumen

Este reporte versa sobre las actividades que he realizado en la empresa Scherdel de México para poder diseñar e implementar un resorte conocido como *Rebound Spring*. Describe paso a paso las etapas del proceso y detalla cuál es la participación que tuve en cada una. También se destacan cuales son algunas de las actividades críticas para poder llevar a buen término el proyecto.

Así mismo se explica brevemente el origen de la empresa Scherdel y más específicamente de Scherdel de México. También se habla acerca de la organización interna y se ubica cuál es la posición que tengo dentro de ella, se hace una descripción de las actividades y responsabilidades que tengo.

Se describen brevemente cuales son los programas que utilizo como herramienta para realizar mi trabajo y algunas características básicas que los diferencian.

Verehrte Anwesende! »Persönlichkeit« auf wissenschaftlichem Gebiet hat nur der, der rein der Sache dient.

¡Estimados oyentes!, la “Personalidad” en el terreno científico sólo la tiene aquél que se entrega a la causa.

Max Webber, WISSENSCHAFT ALS BERUF. 1919.

Índice General

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | SCHERDEL Group | 9 |
| 1.1 | Historia de Scherdel Group | 10 |
| 1.2 | Scherdel de México (SdM) | 11 |
| | | |
| 2 | Departamentos de trabajo | 12 |
| 2.1 | Organigrama de SdM | 13 |
| 2.2 | El departamento de ingeniería en SdM | 13 |
| | | |
| 3 | Descripción del puesto | 14 |
| 3.1 | El ingeniero de Aplicación en Scherdel..... | 15 |
| 3.2 | Descripción de Actividades | 16 |
| | | |
| 4 | Software de Trabajo..... | 17 |
| 4.1 | Software de Cálculo de Resortes de Scherdel | 18 |
| 4.2 | Spring Calculation Program Compression Spring Round wire..... | 19 |
| 4.3 | Scherdel Spring Designer | 21 |
| | | |
| 5 | Manejo de datos e información | 22 |
| 5.1 | Base de datos de cálculos de ingeniería..... | 23 |
| | | |
| 6 | Resorte de tope rebote (Rebound Spring)..... | 24 |
| 6.1 | Rebound Spring del proyecto BMW G05..... | 25 |
| 6.2 | Requerimientos de diseño | 26 |
| 6.3 | Requerimientos de proceso | 27 |
| 6.4 | Preparación para producción y validación del cliente | 28 |
| | | |
| 7 | Conclusiones | 30 |
| | Bibliografía..... | 32 |

Índice de Figuras

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Logo de Scherdel (Fuente www.scherdel.com)..... | 10 |
| Figura 2 | Scherdel de México en Silao Gto. (Fuente www.scherdel.com)..... | 11 |
| Figura 3 | Organigrama de Scherdel de México..... | 13 |
| Figura 4 | Ejemplos de resortes producidos en Scherdel de México (Fuente: www.scherdel.com)..... | 15 |
| Figura 5 | Software de cálculo de resortes, portada..... | 18 |
| Figura 6 | Software de cálculo de resortes, interfaz de calculadora..... | 19 |
| Figura 7 | Curva de rigidez del resorte..... | 20 |
| Figura 8 | Software de cálculo de resortes, interfaz de Spring Designer..... | 21 |
| Figura 9 | Software de cálculo de resortes, interfaz de base de datos de cálculos..... | 22 |
| Figura 10 | Rebound Spring, localización y apariencia (Origen: BMW group).. | 25 |
| Figura 11 | Parte terminada..... | 29 |

Índice de tablas

| | | |
|---------|--|----|
| Tabla 1 | Tipos de resortes y aplicaciones..... | 15 |
| Tabla 2 | Consideraciones básicas de diseño..... | 26 |
| Tabla 3 | Ejemplo de flujo de proceso..... | 27 |

1 SCHERDEL Group

Fortschritt aus Tradition (Progreso basado en la tradición)

Empresa de origen alemán con más de 125 años de presencia en la industria

1.1 Historia de Scherdel Group

Scherdel es una empresa Alemana fundada en 1890 por Sigmund Scherdel, enfocada en la producción de resortes.

En un inicio, el objetivo de Scherdel fue producir cuerdas para piano, desde la ciudad de Marktredwitz en el estado de Bavaria, lo que le permitió tener un crecimiento discreto.

Sin embargo, durante el siglo XX, Scherdel comenzó a producir diversos tipos de resortes, tales como resortes de válvulas. Dado el aumento de producción automotriz, esto le permitió a Scherdel tener un crecimiento y desarrollo sobresalientes. De tal manera que en los años 40's Scherdel alcanzó a producir hasta un 80% de todos los resortes de válvulas de Europa.

Gracias al buen manejo de la empresa y a la visión de expansión de sus dueños, se abrieron múltiples plantas especializadas en diferentes tipos de resortes. Empezando por Alemania, posteriormente por el resto de Europa y más recientemente en Asia y América.

Actualmente Scherdel cuenta con 40 plantas de producción distribuidas alrededor del mundo, emplea a más de 5000 personas, y tiene un *turnover* superior a los 680 millones de euros.

Una de las características que distinguen a la empresa, es que a pesar de su tamaño sigue siendo una empresa familiar, esto le permite mantener un apego fuerte a los valores de quienes la fundaron y simplifica la toma de decisiones de la dirección.

Hoy en día Scherdel está considerada aunque no la más grande, sí una de las principales empresas de resortes en la industria automotriz a nivel mundial. Cuenta con áreas bien establecidas de Producción, Investigación y Diseño, Logística y Materiales, todas ellas con un enfoque al cliente.

Sobresale indicar que la visión de la empresa incluye un enfoque en investigación y diseño en las nuevas tecnologías automotrices: Movilidad eléctrica, híbrida, y manejo autónomo.



Figura 1. Logo de Scherdel (Fuente www.scherdel.com)

1.2 Scherdel de México (SdM)

Con la expansión de Scherdel a nivel global, en 2004 Scherdel decide abrir una planta en México. La primera locación para esta planta fue en la ciudad de León, Guanajuato, bajo el conocimiento de que en la zona del Bajío mexicano existe una creciente oportunidad como mercado dentro de la industria automotriz.

Debido al incremento en la demanda de los productos, se mudó la producción a una nueva planta recién construida en Silao, en el parque industrial Guanajuato Puerto Interior.

Hoy en día se producen, con el soporte de hasta 350 empleados, resortes de compresión y tensión para múltiples aplicaciones automotrices; con clientes tales como las armadoras: Ford, GM, VW, FCA, BMW; o grandes proveedores automotrices directos, como Bosch, Continental, Edscha, ZF-TRW, Thyssenkrupp Bilstein, Brose, Hyudai Mobis, Valeo, Denso, entre otros.



Figura 2. Scherdel de México en Silao Gto. (Fuente www.scherdel.com)

2 Departamentos de trabajo

El diseño e implementación de un resorte nuevo, implica la colaboración estrecha con otros departamentos de trabajo.

2.1 Organigrama de SdM

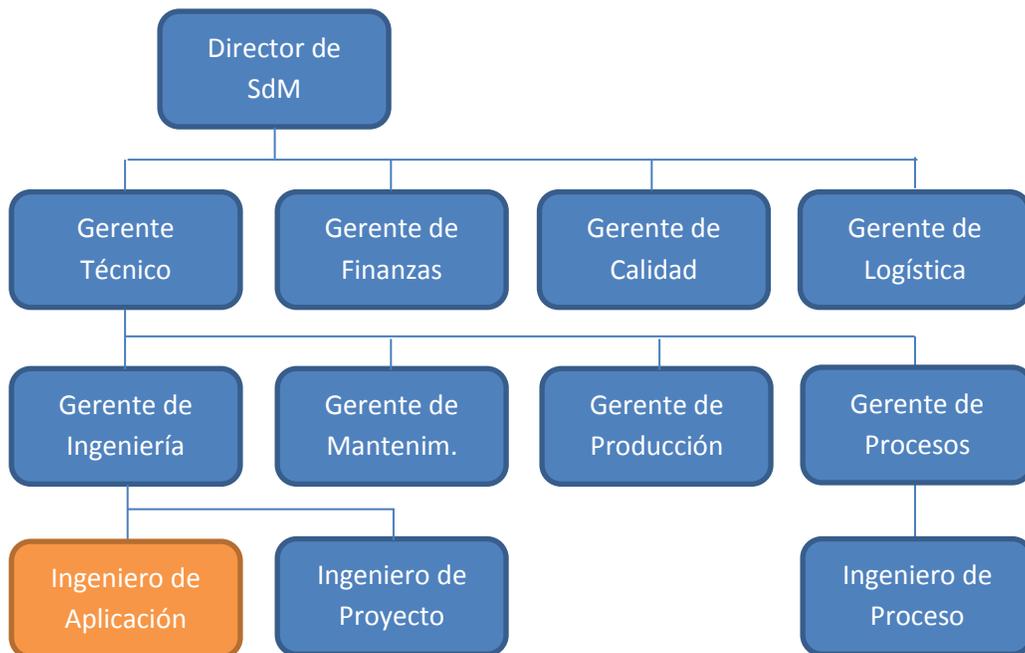


Figura 3. Organigrama de Scherdel de México

2.2 El departamento de ingeniería en SdM

Por su parte, Scherdel de México es una planta de producción que cuenta con un área administrativa completa que el permite laborar independientemente del corporativo en Alemania. Por ello, cuenta con las áreas de trabajo suficientes para coordinar todo el desarrollo y producción de partes completamente nuevas para la industria automotriz.

El departamento local de ingeniería está compuesto por tres ingenieros de proyecto, un estimador de costos, un ingeniero especialista en recubrimientos y un ingeniero de aplicación, coordinados por un gerente de ingeniería

Por su parte el área de Ingeniería de proceso, aunque tiene estrecha colaboración con el ingeniero de aplicación, depende de una gerencia diferente que tiene mucha más presencia en el área de producción

3 Descripción del puesto

El ingeniero de aplicación es básicamente el responsable de velar que los requerimientos técnicos de las partes se cumplan.

3.1 El ingeniero de Aplicación en Scherdel

Scherdel cuenta con un área de Investigación y Diseño propia para el desarrollo de partes completamente nuevas.

Alrededor del mundo existen varios ingenieros de aplicación en cada planta, y existe un Centro de Innovación en Marktredwitz, donde se concentran los líderes técnicos.

El puesto que desempeño se conoce como Ingeniero de Aplicación, ya que cada ingeniero se enfoca en un rango diferente de productos, cuya aplicación en el vehículo es diferente. Alguno de los tipos que hay son:

| Tipo de Resorte | Aplicación |
|-----------------------|--|
| 1.Compresión (normal) | Amortiguadores, <i>Booster</i> , <i>iBooster</i> , Reten de engranes de Transmisión, Sistema <i>Start-Stop</i> de motor, Embrague, Convertidor de Torque, <i>Rebound Spring</i> de amortiguador. |
| 2.Compresión (largo) | Apertura automatizada de puertas. |
| 3.Compresión (chico) | Transmisión, Ignición del Motor, Llave del carro, <i>Clutch</i> , Sistema de Inyección, Sensor de colisión, Bomba de gasolina, Bomba de aceite, etc. |
| 4.Resorte de válvulas | Apertura y cierre de válvulas de motor. |
| 5.Tensión | Apertura de cajuela, Frenos de tambor. |
| 6.Torsión | Sistema de apertura variable de válvulas |

Tabla 1 Tipos de resortes y aplicaciones



Figura 4. Ejemplos de resortes producidos en Scherdel de México (Fuente: www.scherdel.com)

Existen otras áreas de aplicación bastante especializados que implican también el desarrollo de otro tipo de productos, incluso fuera de la industria automotriz, en donde el uso de componentes mecánicos de almacenamiento de carga es la base. Sin embargo no se incluyen en la anterior lista

3.2 Descripción de Actividades

Mi trabajo de Ingeniero de aplicación consiste básicamente en cubrir la fase de desarrollo de resortes de compresión chicos y normales (Ver Tabla1)

Está dividida en dos etapas: Negociación inicial con el cliente y preparación para producción.

Durante la etapa de negociación mi objetivo es diseñar una parte que satisfaga las necesidades del cliente, para ello el proceso común es recibir un dibujo sobre el que elaboro propuestas de diseño con base en las capacidades de producción, así como definir algunas características de las que dependerá el precio de venta. Para ello hago uso de conocimientos sobre los materiales disponibles, y es deseable aunque no indispensable que tenga acceso a saber cuál será la aplicación de la parte, para poder proporcionar un diseño optimizado hacia la producción. Esta fase concluye al acordar con el cliente un dibujo final “congelado”.

Posteriormente, si el cliente elige a Scherdel de México para producir el resorte, lo nombra como su proveedor a través de una carta, y se firma un contrato relacionado con el tiempo de vida del proyecto en cuestión.

Al concluir la nominación, la segunda fase da inicio. A partir de aquí, el Ingeniero de Proyecto se hace presente y posterior a una junta de *Kick-Off*, se fijan las fechas del proyecto con base en las necesidades de planeación del cliente.

En este periodo se necesitan crear partes prototipo y posteriormente definir las características finales de producción, por lo que mi trabajo consiste en garantizar que la parte cumpla las necesidades de su función. Para ello doy seguimiento a la fabricación de los herramientas de producción y hago algunas evaluaciones desempeño, también apoyo al departamento de calidad durante la preparación de las pruebas, para garantizar que la interpretación del dibujo se haga correctamente y las pruebas reflejen comportamientos representativos del producto final.

Mi trabajo principal concluye al cerrarse el Proceso de Aprobación de Partes de Producción (PPAP por sus siglas en inglés), sin embargo se sigue solicitando mi soporte durante toda la vida del producto, ya que siempre aparecen dudas técnicas relacionadas con los procesos y los reclamos de calidad de las partes.

4 Software de Trabajo

Scherdel cuenta con software desarrollado internamente para el cálculo mecánico de resortes.

4.1 Software de Cálculo de Resortes de Scherdel

La herramienta principal del Ingeniero de Aplicación en Scherdel, es el software de cálculo de resortes. Dicho software agrupa varios módulos de trabajo cuyo objetivo es cubrir las aplicaciones más comunes de Scherdel.

En mi caso, los dos módulos que utilizo para mi trabajo son el: *Spring Calculation Program Compression Spring Round wire* y el *Spring Designer*.

Dichos módulos proporcionan diferentes herramientas para el cálculo de resortes, básicamente estas se pueden resumir en que uno es del tipo analítico y el segundo es del tipo de análisis de elemento finito.

Su objetivo final es producir un documento que se utiliza para estimar algunas consideraciones del proceso de producción y estimar el costo. Así como retroalimentar al cliente si es necesario hacer alguna propuesta de cambio.

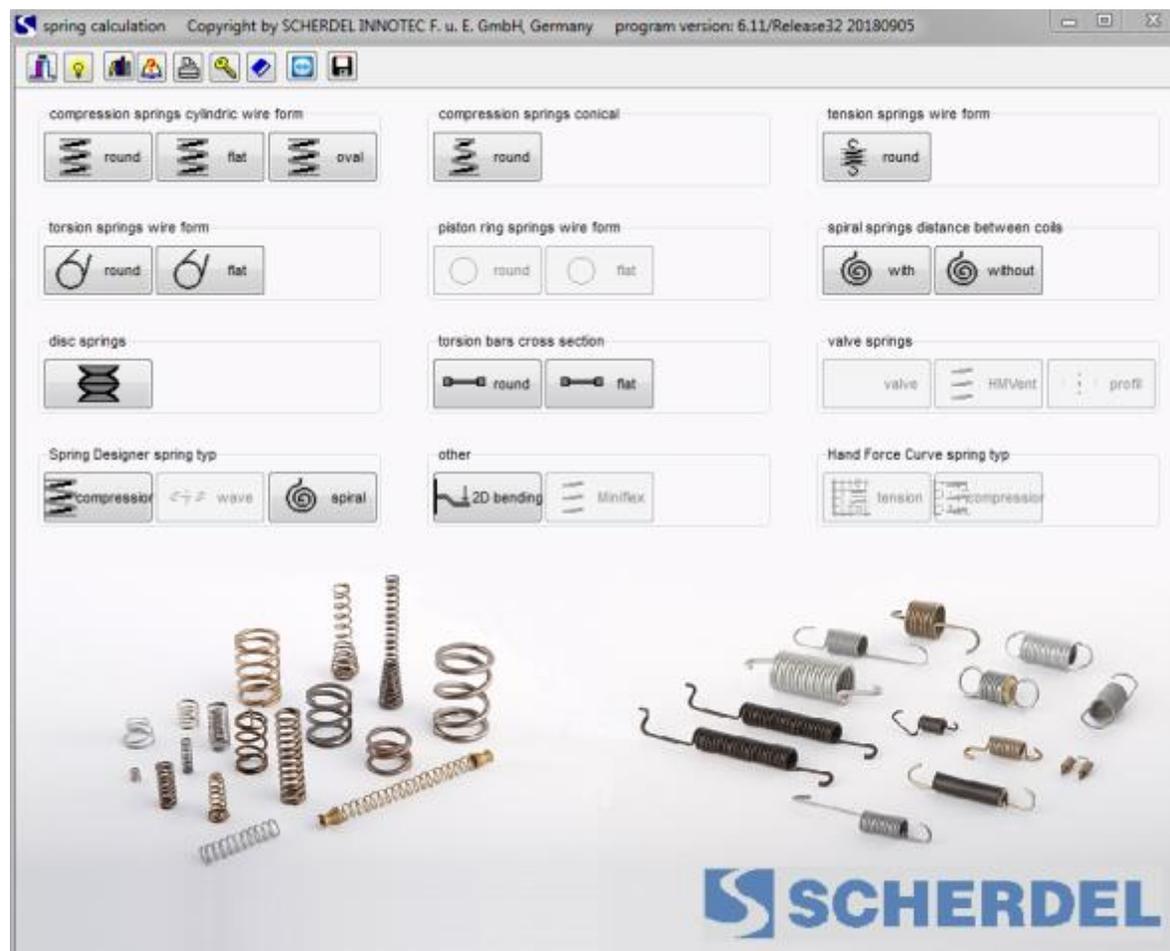


Figura 5. Software de cálculo de resortes, portada

4.2 Spring Calculation Program Compression Spring Round wire

La calculadora de resortes de Scherdel es un programa basado en el Estándar de Diseño Europeo de Resortes bajo la norma DIN EN 13906. Esto es, considera al resorte como un elemento elástico ideal, que se comporta bajo la ley de Hook.

El programa es básicamente una hoja de cálculo con valores de entrada y salida que facilitan de gran manera el diseño de resortes.

Entre los valores de entrada se encuentran primeramente el tipo de material, el diámetro de alambre, el diámetro del resorte, la longitud, el número de espiras activas y las diferentes distancias a las que el resorte se comprimirá, así como las cargas que se espera obtener.

En los valores de salida se tienen algunos parámetros como el nivel de esfuerzo máximo alcanzado por el alambre, la longitud del resorte comprimido, la cantidad de alambre alimentado, el peso, la vida útil estimada en ciclos y algunos otros datos útiles para tener en cuenta en la producción

The screenshot shows the 'spring calculation program compression spring round wire' interface. It is divided into several sections:

- input values:** Fields for wire diameter (d), tolerance (dTol), outside diameter (De), mean diameter (Dm), inner diameter (Di), total number of coils (nt), active coils (n), closed coils, free length (Lo), lengths under load (L1, L2, Ln), solid height (Lc), safety for solid height (SBI), spring deflections (s1, s2, sn), max. spring travel (sc), working stroke (sh), load (F1, F2, Fn), and seat coefficient (v).
- output values:** Calculated parameters including shear modulus (G), tensile strength (Rm), spring rate (R), transverse rate (RQ), stress coefficient (k), shear stress (t1), stress at solid height (tk1, tk2, tkn, tc, tck), safety against cycle breakage (sk), buckling deflection (nat. frequency as EN 13906-1), diameter expansion (De'), spring index (Dm/d), pitch angle (aw), and distance between coils.
- record information:** Fields for prepared by, customer, drawing number, and version.
- material database:** A dropdown menu showing 'ASTM A401 (FD SiCr)' and a list of material groups with checkboxes.
- stress upper border:** Radio buttons for 'standart (0.5 * Rm)' and '0,5 Rm'.
- tolerance display:** A table showing tolerance values for different grades and customer tolerances.

| | Dx | Lo | F1 | F2 | Fn | e1 | e2 |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| basis | 4.000 | 46.00 | 341.6 | 496.9 | 1185 | | |
| grade 1 | <input type="checkbox"/> 0.100 | <input type="checkbox"/> 0.182 | <input type="checkbox"/> 8.883 | <input type="checkbox"/> 10.35 | <input type="checkbox"/> 16.86 | <input type="checkbox"/> 1.380 | <input type="checkbox"/> 0.075 |
| grade 2 | <input type="checkbox"/> 0.150 | <input type="checkbox"/> 0.289 | <input type="checkbox"/> 14.10 | <input type="checkbox"/> 16.43 | <input type="checkbox"/> 26.76 | <input type="checkbox"/> 2.300 | <input type="checkbox"/> 0.150 |
| grade 3 | <input type="checkbox"/> 0.300 | <input type="checkbox"/> 0.462 | <input type="checkbox"/> 22.56 | <input type="checkbox"/> 26.29 | <input type="checkbox"/> 42.81 | <input type="checkbox"/> 3.680 | <input type="checkbox"/> 0.300 |
| customer tol. | <input type="text"/> |
| CT/G1[%] | <input type="text"/> |
| CT/G2[%] | <input type="text"/> |

Figura 6. Software de cálculo de resortes, interfaz de calculadora

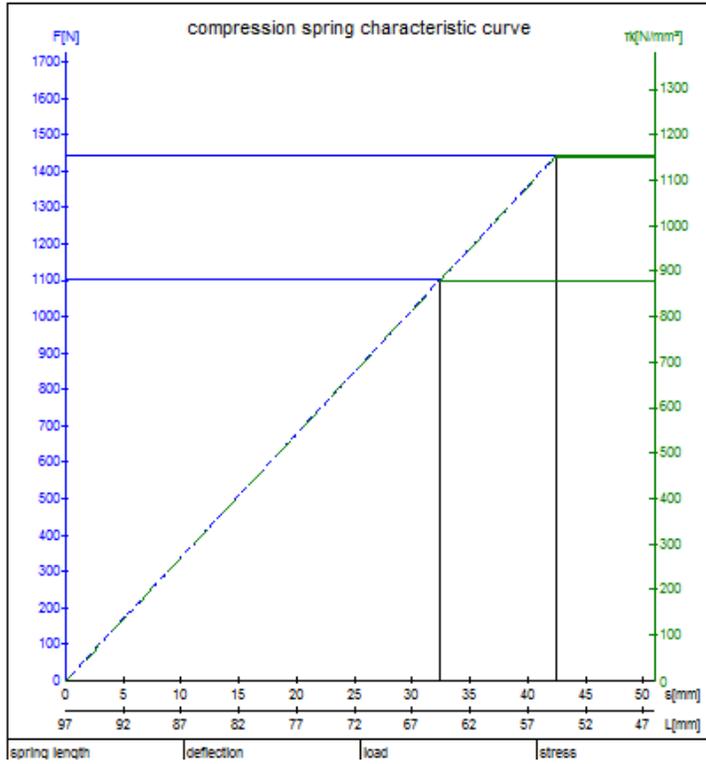


Figura 7. Curva de rigidez del resorte. Obsérvese el comportamiento lineal

4.3 Scherdel Spring Designer

El software de diseño *Spring Designer* de Scherdel, es un programa de análisis de elemento finito que simplifica el análisis del comportamiento de un resorte. Es un programa robusto, ya que cuenta con múltiples herramientas para el diseño, y a diferencia de la calculadora de resortes proporciona datos, para el análisis de esfuerzo, mucho más cercanos a los que se presentan en realidad.

Su uso, aunque más complejo, permite explorar algunas variaciones geométricas que la calculadora no tiene, esto es de gran utilidad cuando se están explorando los límites de producción de una parte nueva, de la que no se tiene mucha experiencia de manufactura.

Dado que el cálculo requiere de una capacidad de procesamiento de datos mucho mayor, existe la opción, para algunos modelos mucho más complejos, de utilizar un servidor en remoto dedicado sólo a este propósito.

Las variables de entrada son obviamente mucho más amplias, y las variables de salida aunque en esencia son las mismas, tienen la característica opcional de proporcionar resultados de comportamiento dinámico y gráficos 3D de referencia.

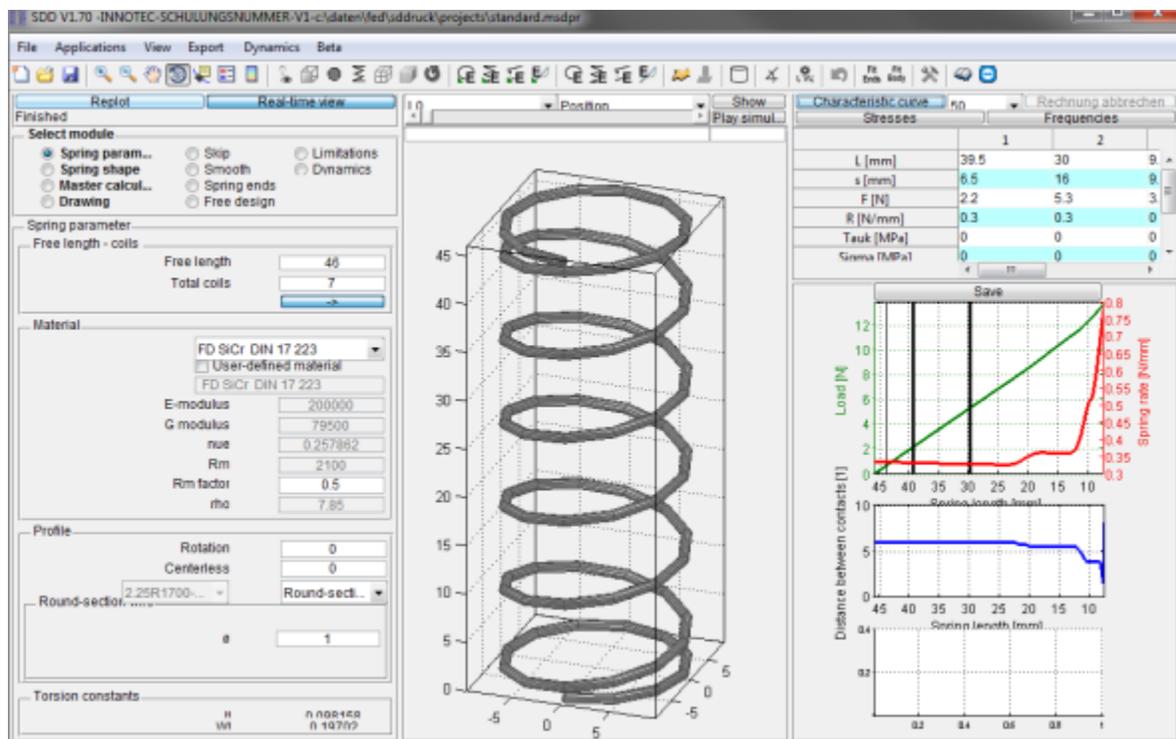


Figura 8. Interfaz del Spring Designer. Obsérvese a la derecha, que la línea verde describe un comportamiento de la curva de rigidez del resorte progresivo.

5 Manejo de datos e información

La información precisa y de fácil interpretación es crítica para tener una planeación correcta y en tiempo del proyecto.

5.1 Base de datos de cálculos de ingeniería

La información generada durante el cálculo de resortes es almacenada en un servidor global que es accesible a cualquier ingeniero de aplicación desde cualquiera de los dos programas de diseño de resortes.

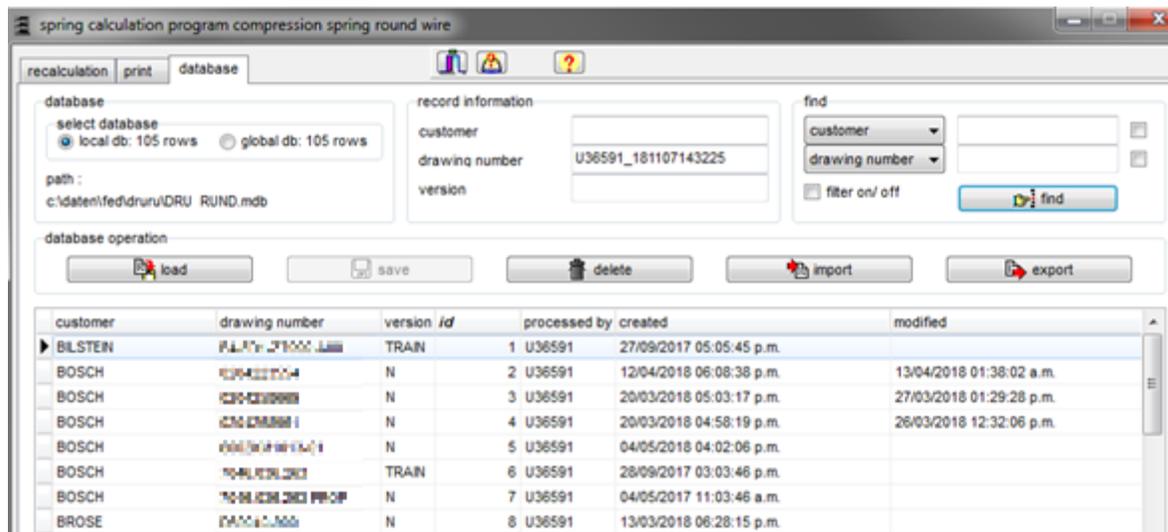


Figura 9. Software de cálculo de resortes, interfaz de base de datos de cálculos

Los documentos generados a partir del cálculo incluyen un membrete con la fecha y el usuario que realizó el cálculo. Estos datos son incluidos en los documentos consecuentes del flujo de trabajo.

Todos los documentos distribuidos al ingeniero de proceso, el estimador de costos y el vendedor, son almacenados en PDF en el servidor de la empresa, y se comunica su actualización a través de correo electrónico.

6 Resorte de tope rebote (Rebound Spring)

Los rebound springs son un sub-componente de un amortiguador, cuyo propósito es proporcionar un efecto confortable durante el manejo del vehículo en terrenos difíciles.

6.1 Rebound Spring del proyecto BMW G05

Los *rebound springs* son elementos pasivos dentro de un amortiguador, su objetivo es disminuir los impactos al vehículo por el rebote de la suspensión después de haber sido comprimida.

Se localizan en el interior de los amortiguadores, montados sobre la flecha y se comprimen cuando el amortiguador se extiende.

El resorte de este proyecto se presenta como un resorte al que se le ensamblan un par de tapas de plástico, cuyo objetivo es evitar el desgaste por fricción del pistón del amortiguador.

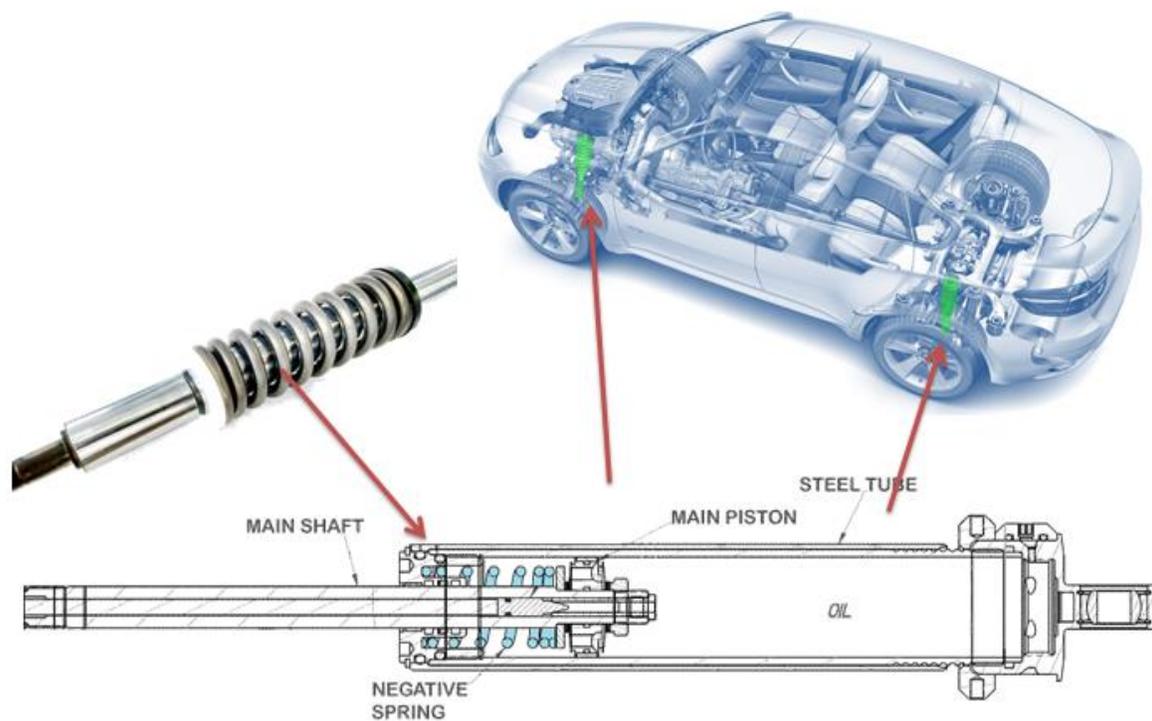


Figura 10. Rebound spring, localización y apariencia referenciales (Origen del auto: [BMW group](#))

Cuando este proyecto fue ganado para ser producido en Scherdel de México, fue la primera vez que se produjo un resorte de este tipo, por lo que se tuvieron que tomar en cuenta varias consideraciones especiales para poder lograr cumplir los requerimientos de producción.

6.2 Requerimientos de diseño

Aunque en apariencia un resorte es un elemento mecánico que no es difícil de producir, existen varias consideraciones importantes, que dependiendo de la aplicación, pueden volver la fabricación más compleja de lo que se piensa en un inicio.

Algunas características con las que se debe tener precaución siempre desde la fase de diseño son:

Tolerancias geométricas y dimensionales muy cerradas.

Tolerancia de cargas muy cerrada.

Esfuerzo de torsión máximo muy alto para el material

Esfuerzo de torsión de pruebas de ciclos que no permite cumplir con la vida que se requiere

Porcentaje de utilización del material (estrés máximo/ límite de esfuerzo a la tensión)

Deformación por características geométricas (resortes muy largos)

Frecuencia natural crítica para su uso en la aplicación.

Requerimientos de carga muy cerca de la longitud sólida.

Dificultad para su formado (Relación de diámetros muy baja)

Requerimientos de limpieza muy estrictos

Requerimientos de pérdida de carga muy estrictos

Requerimientos de ensamble

Requerimientos de resistencia a la corrosión muy estrictos

Paso demasiado grande o demasiado chico

Expansión de diámetro (Interferencia en la aplicación)

Tabla 2. Consideraciones básicas de diseño

El primer paso del proceso de revisión de requerimientos de este resorte consistió en hacer una revisión a fondo del dibujo proveído por el cliente, este proceso tomó su tiempo ya que en algunos puntos fue necesario profundizar bastante, sobre todo porque algunos requerimientos son diferentes a los de los productos actuales.

Fue muy importante aclarar las dudas que pudieran generarse en esta fase; para ello se realizaron algunas juntas con el cliente para discutir sobre la interpretación del dibujo.

Considero que ha sido muy importante mantener una buena comunicación con el cliente, ya que el fruto es la satisfacción mutua que mantiene la confianza y abre las puertas a nuevos negocios.

Esta fase concluyó cuando se hubieron comprendido los requerimientos de diseño, en acuerdo con el cliente, y se consideró que el dibujo los reflejaba apropiadamente.

Como este producto es nuevo, me tomé el tiempo de producir un pequeño material de divulgación para explicar algunos detalles sobre los requerimientos, y cómo debían de realizarse algunas evaluaciones especiales solicitadas.

6.3 Requerimientos de proceso

El objetivo básico del diseño del proceso consiste en definir el flujo de las partes a través de cada máquina, así como los parámetros que se utilizarán en cada paso.

Esta fase se realizó en colaboración con los Ingenieros de Proceso, por lo que se realizaron varias juntas de revisión, y se analizó con base en los procesos existentes, cuáles son las posibilidades de trabajo.

Un ejemplo del flujo de proceso de este resorte es el siguiente:



Tabla 3. Ejemplo de flujo de proceso

Cada paso tiene un propósito, y éstos fueron definidos con base en las necesidades identificadas del producto.

Para definir los parámetros de cada uno de estos pasos, tales como velocidad de trabajo de cada máquina, o temperatura y tamaño de las herramientas, la empresa ya se contaba con algunas directrices de entrada conocidas, por lo general tomadas de la experiencia que se tiene con productos similares, sin embargo fue necesario hacer pruebas y realizar ajustes, considerando los volúmenes de producción, el equipo disponible, y los resultados de las primeras evaluaciones de partes prototipo.

Algunos elementos con los que se tuvo que trabajar a fondo fueron los relacionados al requerimiento de acabado de limpieza y ensamble.

Las razones son, por un lado, que la aplicación (dentro del amortiguador) requiere de niveles de limpieza muy estrictos, ya que partículas de tipo abrasivo, pueden perjudicar el funcionamiento de ciertos elementos electrónicos y dejar al amortiguador inutilizable por completo; y por otro lado, si alguna de las tapas se llega a desprender, el funcionamiento del resorte se pone en riesgo y la fricción entre este y la flecha pueden propiciar un desgaste anormal que puede llevar a tener fugas de aceite.

Luego de realizar diferentes pruebas y configuraciones del proceso, se identificaron algunas características críticas a controlar para cumplir los requerimientos. Tales como la definición de una tolerancia de interferencia entre los componentes y la inspección del diámetro interno del resorte con un pin tipo *go/no-go*; y el proceso crítico para la contaminación de las partes, así como el uso de un programa especial de limpieza.

6.4 Preparación para producción y validación del cliente

La preparación de partes prototipo es vital para la definición de la parte. Se requiere de la planeación y colaboración de prácticamente todas las áreas de la planta.

Esta actividad fue liderada por el ingeniero de proyecto, quien se encargó de garantizar la presencia de la materia prima, los herramientas y la disponibilidad de cada máquina de la nueva línea de producción.

Mi trabajo en esta fase fue dar soporte técnico para garantizar que el herramental diseñado y los procesos nuevos cumplieran con los requerimientos del dibujo, para ello estuve presente en las primeras corridas y di soporte a los operadores e inspectores de calidad que se encargaron de liberar las corridas de producción.

Quisiera expresar que esta fase puede llegar a ser bastante larga y tiene una carga emocional fuerte, ya que representa un reto a la capacidad de todos los que trabajamos en esta fase, y pone a prueba las habilidades de planeación, trabajo en equipo, liderazgo, comunicación y eficiencia del trabajo de cada quién. El éxito depende en gran medida de la experiencia y la buena disposición de todos los colaboradores.

Cuando se tienen partes que cumplen con los requerimientos de dimensiones y cargas comienza la fase de evaluación. En este periodo el ingeniero de calidad es responsable de coordinar todas las pruebas que se hacen tanto internamente como externamente, así como el calendario de entrega al cliente.

Mi trabajo en esta etapa es apoyar a definir algunos procedimientos de pruebas nuevas, cuando no se tiene experiencia, y apoyar a interpretar los resultados de las pruebas para el cliente, de tal manera que el resultado sea entendible y representativo de lo que la parte hace en la aplicación real.

Esta fase concluye con la entrega del paquete de reportes de pruebas de validación para partes de producción en masa para el cliente (PPAP), y la posterior aprobación por parte del cliente.

Cabe destacar que es normal que se den discusiones técnicas con el cliente sobre los reportes de prueba, en las que usualmente también doy soporte técnico a los ingenieros de calidad.



Figura 11. Parte terminada

7 Conclusiones

La expectativa al trabajar en el diseño e implementación de este producto es simple: cumplir en tiempo y forma con los requerimientos del proyecto. La industria automotriz no da margen al respecto. Si no se cumple con esto, el costo de retrasar todo un proyecto se paga muy caro, ya que se pierde credibilidad e incluso se puede perder el negocio entero. Al mirar hacia atrás y observar que el producto se encuentra en producción y se satisfacen las necesidades del cliente, es gratificante, ya que se cumplió el objetivo.

En cada proyecto se debe tomar nota de lo aprendido: errores, aciertos, áreas de oportunidad y aplicarlos a la siguiente ocasión. Es fundamental mantener la calma y transmitir confianza a los colaboradores ya que, en mi caso, soy la única persona con conocimiento técnico sobre las necesidades del producto en la planta.

Técnicamente hablando, puedo mencionar que el resorte excede la expectativa del cliente, la metodología es simple y apegada al estilo alemán: Sobreingeniería

Se trabaja con factores de seguridad, y los valores de referencia (niveles de esfuerzo máximo que soporta el material tanto estática como dinámicamente) se toman de la base de datos de los resultados de pruebas de prácticamente todos los productos registrados. Dicha base, es un documento vivo que se actualiza con el tiempo, y que permite detectar si algún molino de material llega a bajar la calidad del acero que se compra.

Mi participación como Ingeniero Mecánico egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM dentro de la industria automotriz me ha permitido crecer mucho. Aunque quizá no se ha dado a la velocidad que lo desearía, sobre todo al inicio de mi vida laboral.

Considero que el plan de estudios de la carrera de ingeniero mecánico me proporcionó una base sólida, que incluso me ha permitido especializarme fácilmente en otras áreas del conocimiento. Sin embargo, considero se mantiene inmerso dentro de una burbuja, ajeno a las necesidades y oportunidades que le ofrece el poseer dichos conocimientos técnicos. Esta situación, aunque le permite enfocarse en sus estudios, lo pone en desventaja el iniciar su vida profesional, ya que la expectativa de la industria y nuestro país son cada vez más altas.

El mercado laboral a nivel internacional también tiene una expectativa alta; en mi caso, al colaborar con ingenieros mecánicos de otros países, puedo constatar que no es el nivel técnico lo que marca la diferencia, sino la facilidad con la que se desenvuelven y la conciencia sobre sus oportunidades.

Por ello considero que una vinculación con la industria y el medio laboral, motivada por parte de la Facultad aunado a una asesoría de ingenieros activos dentro del medio profesional proporcionarían un impacto significativo en la manera en la que los ingenieros pueden comenzar su vida profesional fructíferamente. Principalmente cuando el ingeniero ya tiene definida su área de especialización,

permitiéndole enfocar sus esfuerzos dentro de la facultad hacia una necesidad específica del mercado laboral, desarrollando confianza y propiciando la toma de decisiones con mayor claridad.

Al hablar de vincular con la industria, propongo por ejemplo tratar en clase con problemas tomados de necesidades reales de la industria de nuestro país en ese momento, no problemas de libros. Problemas que involucren colaboración con grupos de trabajo de gente de otras áreas o sin formación académica. Problemas que propicien no sólo un avance tecnológico, sino un impacto social y ecológico-sustentable. Y que el objetivo de la solución de este problema, no sólo pueda comprobarse, sino reproducirse y tener un beneficio a algo más que el corto plazo.

La evaluación de la solución de estos problemas debería de incluir resultados económicos y debería de haber una bonificación por realizarla en tiempo, una bonificación adicional si después de un periodo de tiempo la solución se prueba estable (6 meses por ejemplo), así como una retroalimentación constructiva de las personas beneficiadas.

Bibliografía

- 1) Budynas Richard G., Nisbett J. Keith, Mechanical Engineering Design, 10th Ed, McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121. 2015
- 2) Federfibel, 7th Edition, Scherdel GmbH, Scherdelstr. 2, D 95604, Marktredwitz, Bavaria, 2011 (www.federfibel.de)
- 3) Documentation for spring calculation program, Fischer Andreas, Starke Sandro, Scherdel Innotec, Version 1.3, January/2010
- 4) BMW X6 with xDrive and Dynamic Performance Control (09/2008)
<https://www.press.bmwgroup.com/mexico/photo/detail/P0048883/bmw-x6-with-xdrive-and-dynamic-performance-control-09/2008>
- 5) Imágenes de resortes varios, imagen de la empresa y el logo
www.scherdel.com