

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR Y FACULTAD  
DE CIENCIAS EXPERIMENTALES**



**TRABAJO FIN DE GRADO**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA TRIDIMENSIONAL DE  
UNA BATERÍA ACÚSTICA CON POSTERIOR ENSAYO  
DE RESISTENCIA EN PARCHES Y PLATILLOS.  
ESTUDIO ERGONÓMICO POSTURAL DEL MUSICO.**

Autor: Cándido Berruezo López

Directores: Fernando Carvajal Ramírez, Ángel Jesús Callejón Ferre

Titulación: Grado en Ingeniería mecánica

Almería, Septiembre de 2014

## **INDICE MEMORIA**

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1. Origen de la ergonomía.....	5
2. Seguridad y salud en la música.....	6
3. Iteración músico - batería.....	9
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
4. Materiales.....	10
4.1. Instrumento.....	10
4.1.1. Origen de la batería.....	10
4.1.2. Instrumento con parche.....	12
4.1.2.1. Bombo.....	12
4.1.2.2. Caja o redoblante.....	15
4.1.2.3 Toms aéreos.....	16
4.1.2.4 Toms bases.....	18
4.1.2.5 Parches.....	21
4.1.3. Platos.....	23
4.1.4. Herrajes.....	31
4.1.4.1. Soporte de plato.....	31
4.1.4.2. Soporte de caja.....	33
4.1.4.3. Pedal de bombo.....	34
4.1.4.4. Sillín.....	36
4.1.4.5. Otros herrajes.....	37
4.1.5. Vistas representación tridimensional en conjunto.....	38
4.2. Instrumentista.....	42
4.2.1. Baquetas.....	42
4.2.2. Agarre.....	43
4.2.3. Golpeo bombo.....	44
4.2.4. Posicionamiento de la batería.....	46
4.2.4.1. Posición sillín y espalda.....	46
4.2.4.2. Posición caja.....	47
4.2.4.3. Posición bombo y Hi-Hat.....	47
4.2.4.4. Posición toms.....	48
4.2.4.5. Posición platos.....	48
4.2.4.6. Posición atril.....	48
4.2.5. Características físicas del trabajo.....	49
4.3. Software.....	50
4.3.1. SolidWorks.....	50
4.3.2 WinOWAS.....	52
4.4. Dinamómetro.....	54

5. Métodos.....	55
5.1. Representación gráfica tridimensional.....	55
5.1.1. Estudio estático.....	56
5.1.2. Estudio de frecuencia.....	56
5.2. Grabación en video del baterista.....	58
5.3. Método OWAS.....	59
5.3.1. Fundamento teórico.....	59
5.3.2. Aplicación del método.....	60
5.4. Método Check List OCRA.....	68
5.4.1. Fundamento teórico.....	68
5.4.2. Aplicación del método.....	69
5.5. Medida de las fuerzas aplicadas sobre la batería.....	83
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>85</b>
6.1. Resultados de la medición de las fuerzas aplicadas sobre la batería.....	85
6.2. Resultados análisis por métodos de elementos finitos.....	85
6.2.1. Parche caja 14".....	86
6.2.2. Parche bombo 22".....	90
6.2.3. Plato splash 10".....	94
6.2.4. Plato crash 16".....	98
6.2.5. Plato Ride 20".....	102
6.2.6. Plato efex 16.....	106
6.2.7. Plato crash 16" aleación B8.....	110
6.3. Resultados estudios ergonómicos.....	115
6.3.1. Método OWAS.....	115
6.3.2. Método Check List OCRA.....	129
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>131</b>
7.1. Conclusiones análisis por método de elementos finitos.....	131
7.2. Conclusiones estudios ergonómicos.....	132
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>133</b>





# **I. INTRODUCCIÓN.**

## **1. ORIGEN DE LA ERGONOMÍA.**

Desde muy antiguo ha existido la preocupación por el estudio del trabajo con el objetivo de mejorar el rendimiento del trabajador. Ya en el siglo XV, Leonardo Da Vinci (1498) realizó en sus cuadernos de anatomía una investigación sobre los movimientos de los segmentos corporales, de tal manera que se puede considerar como el precursor moderno de la biomecánica. En el siglo XV, Alberto Durero recogió en *El arte de la medida* (1512) los inicios de la antropometría, y Juan de dios Huarte en su examen de ingenios (1575) buscó la forma de adecuar las profesiones a las posibilidades de las personas.

Según Migulez Garrido M.H y col. (2001), al inicio de la revolución industrial, se realizaron las primeras investigaciones científicas en el campo del operario en el puesto de trabajo. A pesar de que en 1829 Dupine defendía la necesidad de adecuar y ajustar las herramientas y máquinas al hombre, y Karl Marx había anunciado en 1850 "la deshumanización del trabajo", en el que el ritmo sería impuesto por la máquina, durante toda esta etapa el criterio de todos los estudios fue el de la eficiencia mecánica. Esto explica el empleo durante toda esta etapa de la "ingeniería humana" (human factors Engineering) para definir los estudios sobre los procesos de trabajo, como respuesta científica a los problemas que planteaban los sistemas de organización industrial.

La primera introducción de la ergonomía en el mundo laboral aparece cuando, en 1857, el naturalista polaco Woitej Jastrozewski presenta sus conocimientos y propuestas relativos al trabajo en su estudio denominado "ensayos de ergonomía o ciencia del trabajo".

Fue el ingeniero norteamericano Frederic Winslow Taylor el primero en preocuparse por adecuar las herramientas, tanto a las características del trabajador como a las peculiaridades de la tarea en su obra "Organización científica del trabajo". De los continuadores de Taylor cabe destacar a Frank Bunker Gilbreth que realizó un análisis pormenorizado, hacia 1910, sobre los movimientos y tiempos que se empleaban en el desarrollo de la tarea, en diferentes actividades profesionales.

Los orígenes de la ergonomía son difíciles de delimitar en el tiempo, ya que su reconocimiento social e institucional son el resultado de una larga gestación. Algunos autores sitúan el nacimiento de la ergonomía con la creación de las primeras herramientas, otros lo sitúan a partir de la revolución industrial y otros lo consideran a principios del siglo XX con la llegada de los planteamientos Tayloristas sobre la organización científica del trabajo.

La primera asociación de fisiólogos, psicólogos e ingenieros que se creó fue la "ergonomics Research Society", en el Reino Unido en 1949. Allí, K.F.H. Murrell retoma el término de ergonomía para denominar esta nueva "ciencia del trabajo". Esta fecha marcó el nacimiento de la ergonomía. El objetivo era aplicar las ciencias humanas al diseño de dispositivos técnicos para mejorar las condiciones de trabajo optimizando el funcionamiento humano (psicología y fisiología). En España se crea en 1964 la A.E.E. (Asociación Española de Ergonomía). En los últimos diez años se ha producido una gran evolución en el estudio de la ergonomía en España, debida a la preocupación por las condiciones de los trabajadores.

En particular la Ergonomía se ocupa del estudio de las condiciones de trabajo con el objeto de prevenir los riesgos laborales y de adaptar el trabajo a las capacidades del trabajador. La concepción moderna del trabajo exige el análisis de las tareas, herramientas y modos de producción, con el objetivo de evitar los accidentes y enfermedades profesionales, disminuir la fatiga física y mental, aumentar la eficiencia y la satisfacción del trabajador. En otras palabras, mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores.

La ergonomía es una ciencia interdisciplinaria, que se apoya en diferentes disciplinas:

- Anatomía: la antropometría que se encarga del estudio de las medidas del cuerpo humano y la biomecánica, encargada del estudio de la aplicación de las fuerzas humanas al esfuerzo.
- Fisiología: estudio del esfuerzo, desgaste energético y la fisiología del entorno (sonido, iluminación,...).
- Psicología: psicología de las actitudes y psicología profesional, ambas encaminadas al análisis de la conducta humana en el trabajo.
- Ingeniería, la cual se encarga del desarrollo del proceso productivo relativo a la forma de fabricar y de la maquinaria a emplear.

## **2. SEGURIDAD Y SALUD EN LA MÚSICA.**

Para Alfonso Apellániz G. y col.(2008), la actividad musical se enfoca a menudo como una actividad cultural complementaria, lúdica, de descanso, pero para un número importante de personas es un trabajo. El trabajo de músico se desarrolla de una manera muy heterogénea, muchos de los músicos no son trabajadores en el sentido estricto del término, sino aficionados, pero con una gran dedicación. Otros trabajan para organizaciones, otro gran número son autónomos, con contrato a tiempo parcial o fin de obra. Y un número no pequeño son funcionarios de diversas administraciones. Su trabajo exige una dedicación que no se corresponde con su contrato horario, con sesiones de ensayo personal y repetición de obras de difícil valoración. Las condiciones de trabajo son múltiples, no solo actúan, trabajan en palacios de música y grandes teatros, sino también en kioscos o a la intemperie, y con mobiliario diverso, no siempre más adecuado. Además, hay que considerar por una parte las largas horas de trabajo personal, individual, solitario, con los ensayos en equipo, y finalmente la actuación ante el público.

La prevención de riesgos de este colectivo se hace difícil. Se precisa un conocimiento del trabajo y de los trabajadores, de sus medios y de los instrumentos, como en cualquier otro caso, pero la singularidad de esta profesión y su situación contractual hacen que muchos de estos trabajadores estén atendidos de manera dispersa por diferentes servicios de prevención, propios y ajenos para los que este tipo de trabajo es una anécdota. Dentro de la medicina, y atendiendo a estas peculiaridades, se está desarrollando una subespecialidad, la medicina del arte.

En el trabajo de músico podemos distinguir cuatro grupos de instrumentos: Cuerda, Teclado, Viento-metal y percusión. En este caso nos centraremos en el grupo de percusión.

Se han estudiado mediante encuestas los accidentes y enfermedades profesionales y de sus resultados se puede obtener que más del 75% de los músicos presentan, a lo largo de su carrera, alguna lesión deriva de su actividad, algunas veces de entidad como para ocasionar el

cambio de repertorio, de instrumento o de actividad. Los trastornos músculo-esqueléticos afectan aproximadamente a entre el 50 y 65% del colectivo, mientras que el 90% presenta algún problema auditivo.

En primer lugar se debe identificar los riesgos para los músicos. En la siguiente tabla se puede ver un listado de los riesgos existentes:

SEGURIDAD Riesgo de Accidente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caídas de personas a distinto nivel.</li> <li>- Caídas de personas al mismo nivel.</li> <li>- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.</li> <li>- Caídas de objetos en manipulación.</li> <li>- Caídas de objetos desprendidos.</li> <li>- Pisadas sobre objetos.</li> <li>- Choques contra objetos inmóviles.</li> <li>- Choques contra objetos móviles.</li> <li>- Golpes, cortes y pinchazos con objetos o herramientas.</li> <li>- Proyección de fragmentos de partículas.</li> <li>- Atrapamiento por o entre objetos.</li> <li>- Atrapamiento por vuelco de máquinas, tractores o vehículos.</li> <li>- Sobreesfuerzos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición a temperaturas ambientales extremas.</li> <li>- Contactos térmicos.</li> <li>- Exposición a contactos eléctricos.</li> <li>- Exposición a sustancias nocivas.</li> <li>- Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas.</li> <li>- Exposición a radiaciones.</li> <li>- Explosiones.</li> <li>- Incendios.</li> <li>- Accidentes causados por seres vivos.</li> <li>- Atropellos o golpes con vehículos.</li> <li>- In itinere. Causa natural.</li> <li>- Otros.</li> </ul>
ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA	HIGIENE INDUSTRIAL Riesgo de Enfermedades Profesionales del Trabajo
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manipulación manual de cargas.</li> <li>- Movimientos repetitivos.</li> <li>- Posturas inadecuadas.</li> <li>- Pantallas de visualización de datos.</li> <li>- Agentes físicos de confort.</li> <li>- Causas psicosociales.</li> <li>- Otros agentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agentes químicos.</li> <li>- Agentes físicos.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruido.</li> <li>- Vibraciones.</li> <li>- Altas temperaturas.</li> <li>- Bajas temperaturas.</li> <li>- Radiaciones ionizantes.</li> <li>- Radiaciones no ionizantes.</li> </ul> </li> <li>- Agentes biológicos.</li> <li>- Otros.</li> </ul>

*Tabla 1: Riesgo existentes sobre un músico*

Tras la identificación de los riesgos, se realizará la valoración de estos en función de su severidad o gravedad y la probabilidad de que este ocurra.

SEVERIDAD O GRAVEDAD	
Se establece una valoración que cuantifica las posibles pérdidas en el caso de desencadenamiento de la situación peligrosa detectada, definiéndose los siguientes niveles:	
NIVEL	SIGNIFICADO
Bajo	Consecuencias de accidente sin baja laboral para el trabajador (cortes leves, rasguños, golpes, etc.).
Medio	Consecuencias de accidente con incapacidad laboral temporal para el trabajador (fracturas, proyecciones de cuerpos extraños en ojos, etc.).
Alto	Consecuencia de accidente con incapacidad laboral permanente o muerte (amputaciones, fracturas complicadas, etc.).

*Tabla 2: Niveles de severidad*

PROBABILIDAD	
Este factor se refiere a la probabilidad de que una vez presentada la situación de riesgo, los acontecimientos de la secuencia del accidente se sucedan en el tiempo, originando la consecuencia establecida. Se definen los siguientes niveles:	
NIVEL	SIGNIFICADO
Bajo	La probabilidad de tener consecuencias es remota ya que se ha producido anteriormente pero no en el centro de trabajo. Asimismo el tiempo de exposición y las personas expuestas son reducidos.
Medio	Es posible que sucedan consecuencias ya que han ocurrido alguna vez en el centro de trabajo, la exposición es elevada o están expuestos muchos trabajadores.
Alto	Se considera probable que sucedan consecuencias porque es un hecho varias veces ocurrido en el puesto de trabajo.

*Tabla 3: Niveles de probabilidad*

Magnitud del riesgo		SEVERIDAD		
		1. Baja	2. Media	3. Alta
PROBABILIDAD	1. Baja	1. Muy Leve	2. Leve	3. Moderado
	2. Media	2. Leve	3. Moderado	4. Grave
	3. Alta	3. Moderado	4. Grave	5. Muy grave

*Tabla 4: Magnitud del riesgo en función de la probabilidad y la severidad*

Magnitud del Riesgo	Acción requerida
1. Muy leve	Control y seguimiento
2. Leve	Estudiar posibles correcciones
3. Moderado	Necesidad de establecer medidas correctoras
4. Grave	Necesidad de corrección urgente
5. Muy grave	Corrección inmediata o paralización de la actividad

*Tabla 5: Acción requerida en función de la magnitud del riesgo*

En este caso los riesgos que más interesan, son los relacionados con la ergonomía. Estos riesgos tienen una especial mención la manipulación de cargas, los movimientos repetitivos y las posturas inadecuadas. El músico dedica largas horas a ensayar, repitiendo las diferentes obras o sus movimientos. Además, la propia técnica se basa en movimientos repetidos, rápidos y en ocasiones, forzados. Esto puede causar distensiones en músculos y tejidos conjuntivos, afectando a los movimientos flexores y extensores de brazo, muñeca y dedos.



El mantenimiento de posturas forzadas durante largo tiempo, como cuando se sujeta algún instrumento, o mientras se está tocando puede provocar presiones que afectan a muñecas, antebrazos, hombros, zona lumbar, brazos y cuello.

Entre los cuadros que podemos describir, tenemos:

- Síndrome de sobrecarga muscular: debido a la práctica prolongada de movimientos repetitivos que sobresolicitan un grupo muscular determinado. Los grupos musculares más afectados son los de la mano, muñeca, antebrazo, cuello y hombro.
- Tendinitis: inflamación localizada en el tendón y su vaina sinovial, que produce dolor cuando se mueve activa o pasivamente el músculo correspondiente. Puede ser causada por una sobreutilización repetida.

Especial atención se debe prestar a la exposición al ruido. Los músicos profesionales están expuestos más de 20 horas a la semana a cifras entre 80 y 90 dB en orquestas, cifras que pueden llegar a 100 dB o superiores en conciertos de música pop o rock. El puesto del trabajador en la orquesta, el instrumento utilizado por él o sus compañeros cercanos, la propia ubicación de la formación en una sala...son factores que influyen en la exposición y sus consecuencias.

Tal es la preocupación por los músicos actualmente sobre la prevención de estos riesgos que en la actualidad existen institutos y clínicas de medicina y fisioterapia destinadas exclusivamente a prevención y tratamiento de patologías producidas los instrumentos musicales. Doctores especializados en medicina del arte pueden ayudar al artista no sólo a solucionar sus dolencias, sino también a prevenir su aparición y mejorar su rendimiento artístico.

Una buena parte de los desajustes y los desequilibrios que pueden comportar futuras lesiones se pueden detectar mediante un cuidadoso estudio del artista. A partir de esta información es posible establecer estrategias que mejoren aspectos como la tensión utilizada al realizar las actividades, las posturas adoptadas, el balance muscular, la coordinación, la condición física, la organización del trabajo o los aspectos emocionales.

### **3. INTERACCIÓN BATERÍA - MÚSICO.**

Si nos centramos directamente en la batería como instrumento y el baterista como músico, se puede comprobar como la mayoría de los riesgos antes mencionados pueden aparecer.

Según el doctor Jaume Rosset (2011) "el instrumento musical más peligroso es la batería". La batería junto con el órgano, son los instrumentos con mayor riesgo de sufrir una lesión, pues el 85% de estos padecen lesiones a lo largo de su carrera musical.

Dentro de esas lesiones, una de las más importantes es la epicondilitis lateral, más conocida con el nombre de "codo de tenista". Otra importante lesión en los bateristas es la tendinitis. También podemos encontrar otras lesiones como: sobrecarga en la zona de los hombros y lumbares, y sobrecarga del tibial anterior y tendón de Aquiles. La articulación del tobillo también se ve gravemente afectada en esta práctica, por lo tanto también tendremos que trabajarla y realizar un buen trabajo de prevención sobre las extremidades inferiores.

Muchos han sido los bateristas o percusionistas que han tenido que abandonar su carrera musical por culpa de alguna lesión, como es el caso de conocido Phil Collins, que a los 60 años anunció que abandonaba la música debido a problemas de audición y lesiones cervicales.

## **II. OBJETIVOS.**

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Realizar ensayos sobre los parches y los platillos de una batería acústica que será modelizada previamente en tres dimensiones.
2. Realizar un estudio de ergonomía con el objetivo de buscar la posición más adecuada y con menos posturas forzadas para evitar lesiones futuras en el músico.

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **4. MATERIALES.**

#### **4.1. Instrumento.**

##### **4.1.1. Orígenes de la batería.**

La batería nace a finales del siglo XIX y principios del XX en Estados Unidos, como la unión de diversos instrumentos de percusión presentes en distintas partes del mundo y su nacimiento está enlazado con la aparición de la música Jazz.

Así, el bombo y la caja vienen de Europa, los platos de Turquía y de China, los toms de China, de África y de los indios Americanos.

Inicialmente, de su ejecución se encargaban varios percusionistas, pero con la aparición del pie de caja y del pie de bombo en 1910 (comercializado por Ludwig) y el ensamblaje de todos los instrumentos, se consigue que un sólo músico sea capaz de tocar toda la percusión; así que se podría decir que ese fue el nacimiento de la batería tal y como la conocemos en la actualidad.

Al principio comienza siendo un instrumento que sirve exclusivamente para mantener el ritmo y marcar los tiempos de la melodía, pero a finales de los años 20, surgen los primeros virtuosos de la batería, que empiezan a introducir solos y a reclamar el protagonismo que le corresponde al instrumento.

A partir de esos momentos y con la mejora de materiales, la batería empezó a ser utilizada en casi todos los estilos musicales, teniendo su punto de mayor auge en los años 50 con el nacimiento del sonido Rock 'n Roll, donde consiguió alcanzar la categoría de imprescindible para cualquier composición musical.

Mediante una aplicación de una marca de platillos (Meinl) se ha realizado un esquema de una batería semejante a la que se va a virtualizar.



*Figura 1:Esquema de batería a representar gráficamente.*

La batería acústica cuenta con la siguiente configuración:

Cascos:

- Bombo: 22" x 18"
- Caja madera: 14" x 5,5"
- Tom aéreo: 12" x 9"
- Toms bases: 14" x 14" y 16" x 16"

Platillos:

- Hit-hat: 14"
- Crash: 16", 17" y 18"
- Ride: 20"
- Splash:10"
- China :18"
- Eflex: 16"

A continuación, se realizará una descripción de los elementos que componen la batería. Junto con las imágenes reales de los elementos, aparecen las imágenes de los elementos que se han representado tridimensionalmente.

Estos elementos podemos dividirlos en 3 grupos:

1. Instrumentos con parches resonantes: Bombo, caja y toms.
2. Platos
3. Herrajes: pedal de bombo, soportes de platos, sillín.

#### **4.1.2. Instrumentos con parches resonantes.**

##### **4.1.2.1. Bombo.**

El bombo es un instrumento musical de percusión membranófono, de timbre muy grave aunque de tono indeterminado, fabricado normalmente en madera. Debido a su sonido grave, se usa habitualmente para marcar y mantener el pulso en diversos estilos de música. Suele ser el instrumento más grande que compone la batería. Su diámetro varía entre las 18 y las 26 pulgadas (45,7 – 66 cm), con una profundidad de entre 14 y 22 pulgadas (35,5 – 55,8 cm). La configuración de bombo más usada es la de 22x18" (22" de diámetro y 18" de profundidad). Se ubica en el centro del conjunto en el suelo y se hace sonar mediante el llamado pedal de bombo, que más adelante se podrá ver.

El bombo representado está compuesto por:

- Casco en madera de arce (22x18")
- 2 aros tensores también en arce
- Lamina decorativa
- 2 parches ( el delantero suele estar agujereado para introducir el micrófono)
- 16 tensores
- 2 patas extensibles

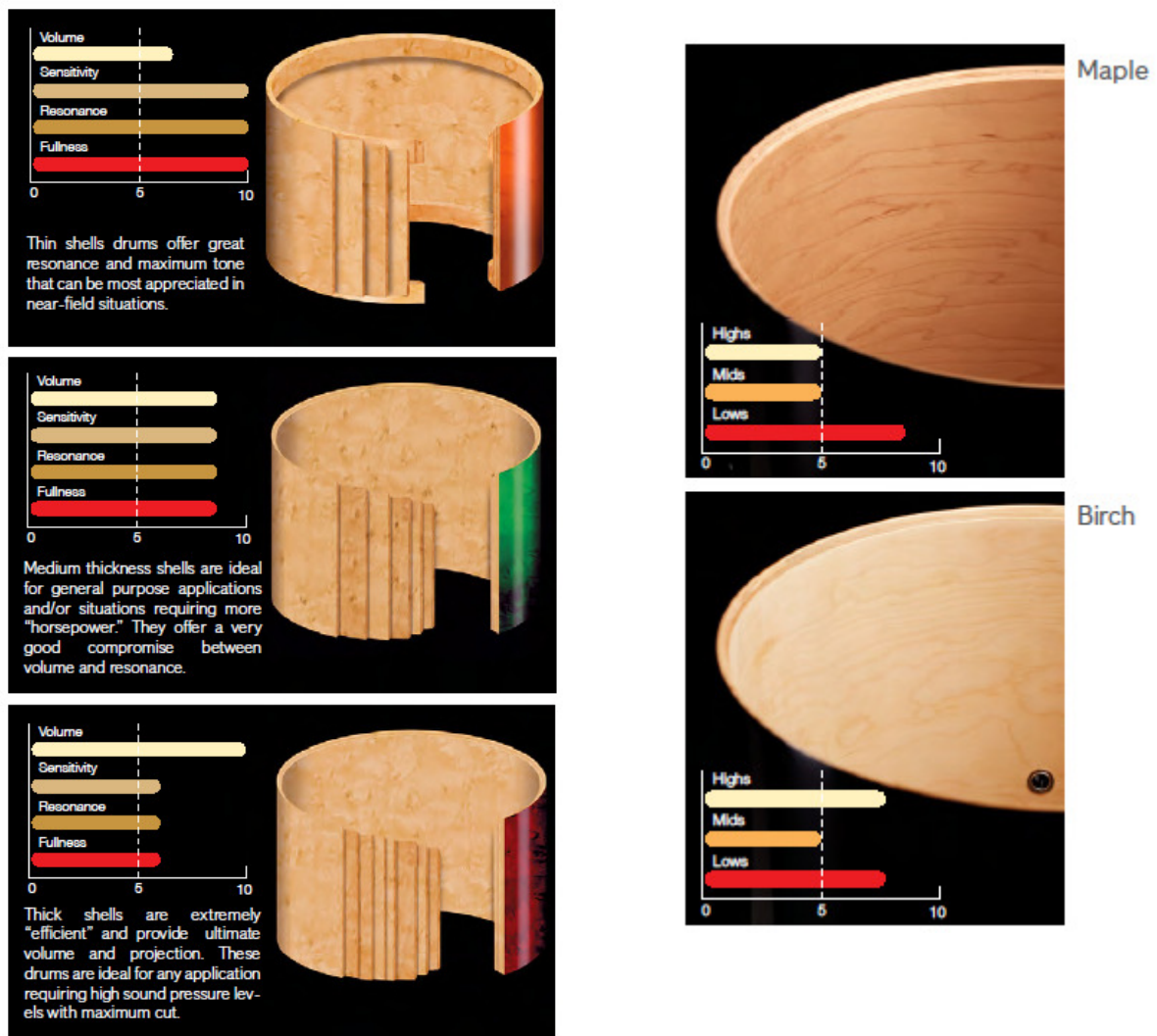
Los cascos del bombo y de los timbales de una batería están hechos con la misma madera. Las maderas más utilizadas para su construcción son:

- Arce( Maple): El Arce es un árbol cuya madera es blanca y el tipo americano posee una gran dureza, por naturaleza la densidad de la madera determina su dureza y mientras más dura es, más tarda en crecer, por ello se encarece el precio. Hoy en día las chapas de arce no son exactamente de esta especie cuya población está muy diezmada, y su lugar se usan otros tipos que son de más rápido crecimiento y por lo tanto más baratas. Pero este árbol produce la que es sin duda la madera más utilizada en percusión de alta gama, sus propiedades acústicas son de las más abarcativas, proporciona al músico un sonido con rico en graves aunque de no mucho volumen, pero muy cálido. Por todo esto es que se adapta a casi cualquier tipo de sonido y se puede usar para tocar en estudio o en vivo con una versatilidad invaluable.



- Abedul( Birch): Su sonido puede definirse como muy equilibrado entre graves y agudos, además de producir más volumen que el arce por lo que se lo puede considerar más apto para tocar en vivo, pero también se comporta muy bien en estudio. Como característica destacable es que está dentro de la clasificación de maderas blandas y que se pudre con gran facilidad por lo que debe ser tratada con mucho cuidado.
- Tilo( Basswood): Madera blanda de color blanco tirando a tonos amarillentos, con propiedades acústicas menos cálidas que el Arce( siempre tomándolo como referencia ya que es la madera más equilibrada y completa) proporciona agudos muy marcados y casi desproporcionados con respecto a los graves. Podría decirse que es una madera que se utiliza en gamas medias, y a veces combinada con capas externas de Abedul, por lo que es para músicos de nivel medio avanzado y que buscan potencia en el sonido.

El número de capas utilizado para crear el casco y sus espesores también son muy importantes para obtener las propiedades acústicas que se requieren. Catalogo Pearl (2013).



*Figura 2: Propiedades acústicas según el tipo de madera y el número de capas que forman el casco.*



*Figura 3: Bombo DW y bombo modo modelo*



*Figura 4: Bombo renderizado*

#### **4.1.2.2. Caja o Redoblante.**

La caja o redoblante es un instrumento de percusión de sonido indeterminado. Al igual que el bombo, pertenece a la familia de los membranófonos. En contacto con el parche inferior se encuentra el bordonero, también denominado bordonera o entorchado, que no es más que el conjunto de hilos (bordones) que recorren de lado a lado el casco. Estos vibran conjuntamente con el parche inferior al batir el superior, lo cual le confiere al instrumento su timbre y sonido distintivos, con una especie de zumbido. Para la fabricación de los bordones pueden utilizarse diversos materiales, aunque usualmente se fabrican en alambre rizado, cable metálico, tripa o nailon.

El diámetro de la caja varía entre 10 y 17 pulgadas ( 25,4 – 43,2 cm) pero la medida más habitual es de 14" ( 35,56 cm). La profundidad estándar es de 5,5" (14cm), pudiendo variar desde 3,5" hasta 8". La caja puede tener el casco fabricado de madera o metal. Cada madera proporciona un timbre distinto a la caja, siendo las maderas de arce y abedul las más utilizadas. Respecto al metal, los más empleados son el latón, el bronce y el acero. El tipo de material que se utiliza para el casco es muy importante para el sonido que se quiere conseguir. Las bases del casco son dos membranas llamadas parches. Éstos están sujetos a unos aros interiores a los bordes y se tensan mediante otros aros exteriores y unos tensores. Los aros son generalmente metálicos, aunque también existen variedades en madera. La tensión en las membranas se consigue mediante varillas metálicas con tornillos que actúan independientemente en cada parche. Para apretar estos tornillos se utiliza una llave especial.

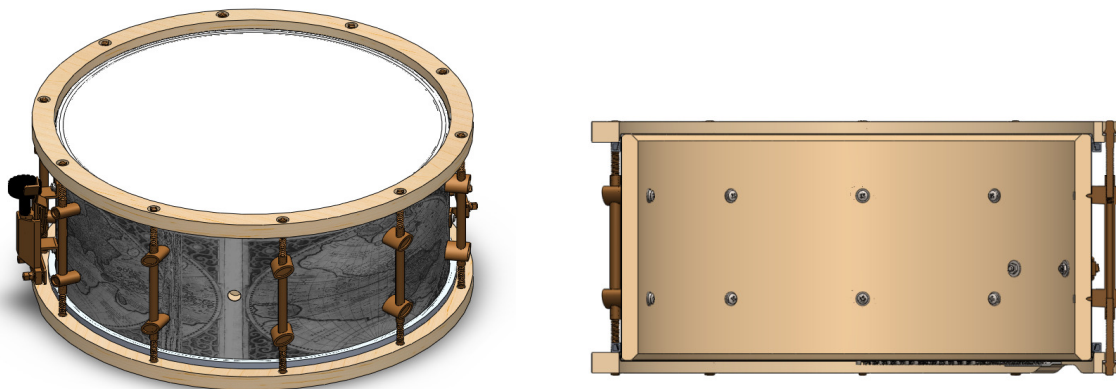
La caja representada está compuesta por:

- Casco en madera de arce (14 x 5.5")
- 2 aros tensores de madera
- Lamina decorativa
- 2 parches (el superior se conoce como batidor y el inferior como bordonero)
- 10 tensores y 20 tornillos tensores
- Bordonera
- Tensor de la bordonera.

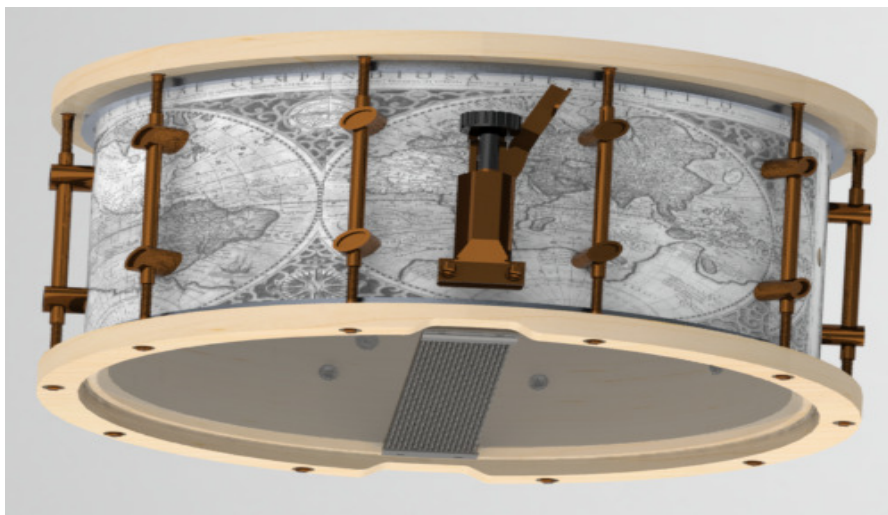
La caja está colocada un poco a la izquierda del pedal de bombo, si el instrumentista es diestro, o a la derecha si es zurdo.



*Figura 5: Cajas con casco de metal y de madera*



*Figura 6: Caja en vista modelo y sección*



*Figura 7: Caja renderizada*

#### **4.1.2.3. Toms Aéreos.**

Tom o timbal es instrumento musical de percusión originario de los nativos americanos o las culturas asiáticas, y forma parte de la batería, siendo incorporado a esta a comienzos del siglo XX. Son semejantes a la caja, pero con mayor profundidad y sin bordón. El número de toms depende de cada músico, mínimo uno y no hay un máximo concreto (lo normal es que sean entre uno y tres). Pueden ir montados sobre el bombo, si este es agujereado, o sobre soportes especiales. Sus diámetros pueden variar desde las 6 a las 14 pulgadas ( 15,25 – 35,56 cm)

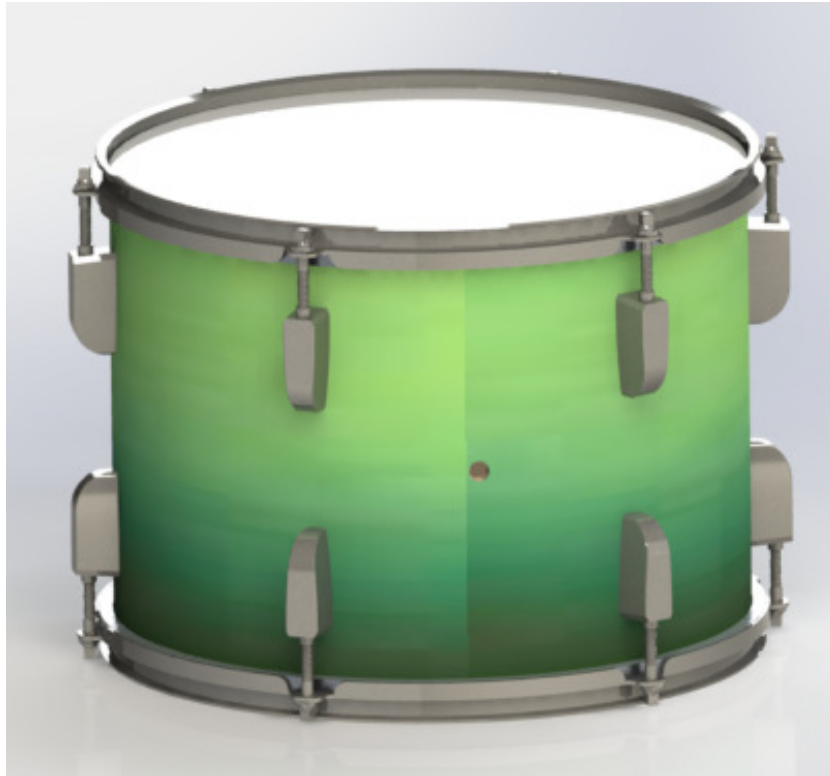


El tom aéreo representado está compuesto por:

- Casco en madera de arce (12 x 9")
- 2 aros tensores de acero
- Lamina decorativa
- 2 parches
- 12 tensores y tornillos (6 para cada parche)



*Figura 8: Tom aéreo DW y tom en vista modelo*



*Figura 9: Tom aéreo renderizado*

#### **4.1.2.4. Toms. Bases.**

Tom base o también conocido como “Goliat”. Es igual que los toms aéreos, con la diferencia que estos van directamente apoyados en el suelo mediante 3 patas, con las que se puede regular su altura e inclinación. Es más grave en cuanto a sonido que los aéreos. Las medidas comunes para este toms son de 14x14pulgadas (35,56 cm) y 16x16 pulgadas (40,6 cm).

Los timbales bases representados están compuestos por:

- Casco en madera de arce (14 x 14" y 16 x 16")
- 2 aros tensores de acero
- Lamina decorativa
- 2 parches
- 16 tensores y tornillos (8 para cada parche)
- 3 patas ajustables



*Figura 10: Tom base real y tom base 14 x 14" en vista modelo*



*Figura 11: Tom base 16 x 16" renderizado*



#### **4.1.2.5. Parches.**

Lo que tienen en común estos elementos de la batería, es que su sonido es producido por una membrana, conocida como parche o piel. Los primeros instrumentos de percusión, se colocaba una piel de animal, de ahí que conserve aún ese nombre, pero en la actualidad, se utiliza para su fabricación un material plástico derivado del poliéster.

Están formados por un número determinado de capas según el tipo o gama de parche. Cuanto más capas tenga, más frecuencias graves generará. El exterior del parche va unido a un aro de aluminio, mediante un adhesivo, y sobre este se monta otro aro con un número determinado de tornillos (según el diámetro) que mantendrá tensa la membrana sobre el cuerpo del instrumento. Los diámetros (medidos en pulgadas) de los parches pueden ser muy variados según sobre que cuerpo de la batería se vaya a montar (caja, tom, bombo..)

El material del parche es tereftalato de polietileno (PET), el cual tiene las siguientes propiedades físicas y mecánicas:

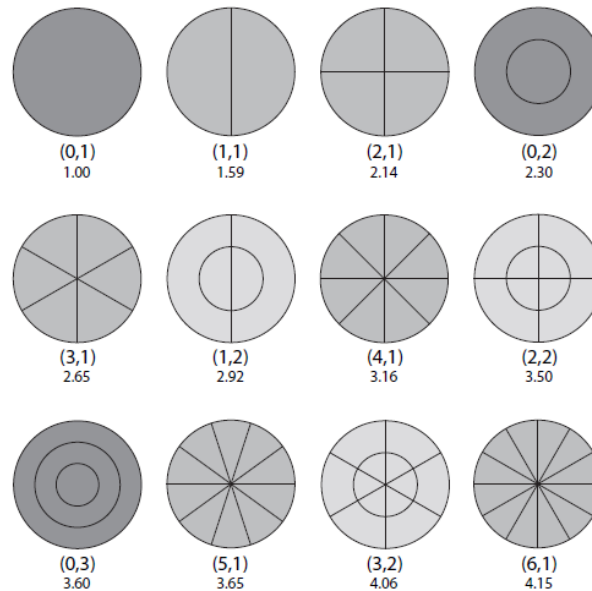
- Densidad: 1,34 g/cm<sup>3</sup>.
- Módulo de elasticidad: 2800 MPa
- Alargamiento de rotura: 70%
- Resistencia a la tracción: 81 MPa.
- Resistencia a la tensión: 59 – 72 MPa.
- Resistencia a la compresión: 76 – 128 MPa.
- Resistencia al impacto: 0,01 – 0,04 J/mm.
- Dilatación térmica: 15,2 – 24 (10<sup>-4</sup> /°C)
- Resistencia al calor: 80 – 120 °C
- Calidad óptica: transparente a opaco.
- Temperatura de fusión: 244 – 254 °C.



*Figura 12: Pack de parches de diferentes diámetros y parche representado renderizado*

El sonido producido por este grupo de instrumentos (Bombo, caja y toms) es debido a la vibración de la membrana. Las vibraciones en una superficie plana son sistemas extendidos en dos dimensiones, se requieren dos coordenadas espaciales para localizar un punto en la superficie y una tercera para especificar un desplazamiento. Las condiciones de frontera deben incluir no sólo el tipo de soporte sino también la forma del perímetro de la membrana. Para membranas circulares fijas en el borde (Parche) se utilizan la ecuación de onda con coordenadas polares. Si la membrana está fija en su frontera circular, entonces el desplazamiento transversal debe ser 0 en el borde. Kinsler, Lawrence E. (1999).

La siguiente imagen muestra un conjunto de los modos de vibración más simples. Estos modos son designados por el par ordenado (m, n) donde m determina el número de líneas nodales radiales y n (mínimo n = 1) determina el número de círculos nodales azimutales.



*Figura 13: Modos de una membrana circular.*

<b>Modo (0,1)</b>	<b>Modo (1,1)</b>	<b>Modo (2,1)</b>
<b>Modo (0,2)</b>	<b>Modo (1,2)</b>	<b>Modo (0,3)</b>

*Figura 14: Representación animada de los modos de vibración en membranas*

En estos casos, otra fuerza actúa en la causa de las vibraciones, esta es la presión que se produce dentro del espacio cerrado del tambor, el volumen de gas encerrado es alterado por la vibración de la membrana.

El sonido producido por las membranas es más agudo cuanto más pequeña sea la extensión del cuerpo vibrante y cuando más grande sea la tensión a que este sometida.

#### **4.1.3. Platos.**

Los platos, platillos o címbalos son un instrumento de percusión, consistente en un disco circular cóncavo de metal. Su centro está agujereado, para el caso de los platos chocados, se deja pasar una correa de cuero o de piel, cuya función es servir de asas o abrazaderas, y fijadas por su parte trasera; en los platos suspendidos y en los hi-hat la utilidad del agujero consiste sencillamente en introducirlo en el soporte. Estos platos son idiófonos que se hacen sonar entrechocándolos uno con otro, o percutiéndolos con baquetas. Son un instrumento de sonido indeterminado, lo que significa que las notas no tienen una altura definida.

Los platos están fabricados en una aleación de bronce (cobre-estaño) y en función del porcentaje de composición de estaño tiene mayor o menor calidad de sonido.

El tamaño de los platillos influye directamente en la sonoridad, a mayor tamaño o grosor, mayor potencia sonora.

Al igual que en los parches, los platos también tiene diferentes diámetros y en función sus medidas adquieren los siguientes nombres:

- **Splash:** son los platos más pequeños (6" - 13") y se utilizan como efectos y tiene poca capacidad sonora. Son platos delicados y frágiles si se usan con mucha intensidad.
- **Crash:** plato mediano (13"-22") y se utiliza para acentuar los compases.
- **Ride:** es el plato de mayor tamaño (17"- 26") y como su nombre indica se utiliza para llevar el ritmo. La campana del ride suele ser muy clara. Los más comunes son los de 20" y 22".
- **Hi-Hat:** Sistema que consta de 2 platillos instalados en un soporte con pedal que permite que uno caiga sobre el otro haciéndolos sonar. Su diámetro varía entre 8" y 15", aunque el más común es el de 14". Al igual que el Ride, se utiliza para llevar el ritmo, y se puede hacer sonar más abierto o cerrado, según el estilo, y esto se controla con el pie izquierdo normalmente.(diestros).
- **China:** Son fabricados en todas las medidas. También hay el Splash-China, de 6" a 12". Se usan para efectos o como ride, dependiendo del tipo de china. Su diseño es característico pues la campana no tiene una forma parecida a la esfera sino cilíndrica con la arista roma, y más o menos a la mitad del cuerpo, el metal dobla hacia arriba. Normalmente los china se montan con la campana hacia abajo. A diferencia del crash, (que se acentúa tocándolo con el bombo), el china es comúnmente acentuado con la caja, la mezcla de ambos crean un sonido agudo, muy brillante y de ataque.
- **Efex:** son platos de efectos con sonidos diferentes a los platos normales. Estos es debido a sus formas.



*Figura 15: Juego de platos Sabian XS20 y platos Zildjian china y efex*



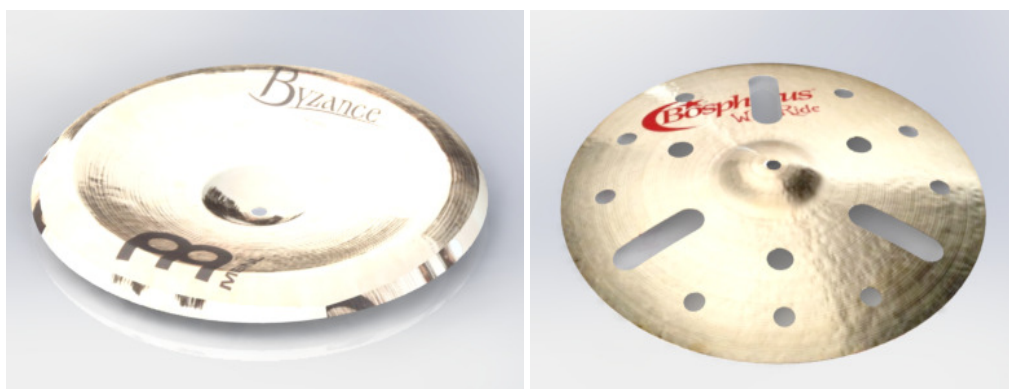
*Figura 16: Platos renderizados Splash 10" y Hi-Hat 14"*



*Figura 17: Platos renderizados Ride 20" y Crash 16"*



*Figura 18: Platos renderizados Crash 17 y Crash 18"*



*Figura 19: Platos renderizados China 18 y Crash efectos 16"*

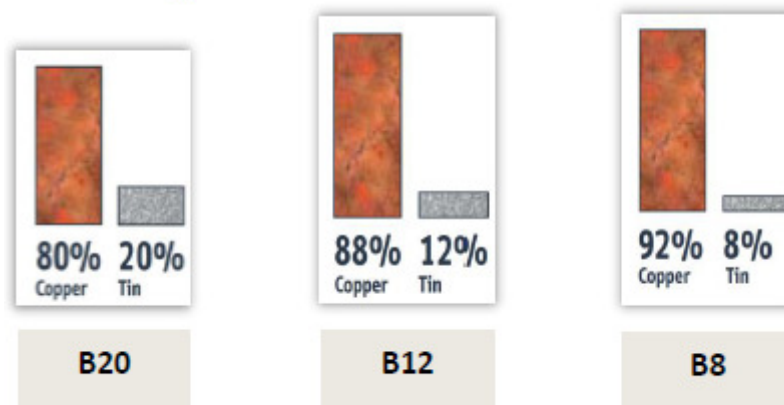


Para la fabricación de los platillos, se puede seguir diferentes métodos, dependiendo del estilo (Turco, suizo – alemán, italiano o chino). Se comienza con unas piezas fundidas de bronce, se introducen en un horno a 800 °C y la pieza caliente se introduce en una laminadora varias veces lo que hace que el espesor disminuya y el diámetro vaya aumentando en cada pasada. Después, con una prensa se realiza la campana del plato y se recortan los bordes imperfectos al diámetro indicado según el tipo de platillo. Posteriormente se comienza a martillar, a máquina o a mano. En un torno se elimina una pequeña capa exterior de las 2 caras del plato y por último se comprueba que suena como se requiere en un control de calidad.



*Figura 20: Algunos de los pasos en la fabricación de un plato.*

Para platillos y gongs se usan varias aleaciones que van desde una aleación templada con el 80 % de cobre y el 20 % de estaño (B20), 88 % de cobre y 12 % estaño (B12, por ejemplo, ZHT Zildjian, Alpha Paiste), y la más económica B8, la cual consiste en solo el 8 % de estaño por el 92 % de cobre (Ejemplo, B8 Sabian, Paiste 201, Zildjian ZBT).



*Figura 21: Porcentajes de las aleaciones para platos*

La aleación B20 de bronce es el material más utilizado en la fabricación de platillos. Hay varias razones para ello. el B20 tiene el mayor contenido de estaño que hace que sea muy suave y flexible. Esto, a su vez, hace que el platillo mucho más fácil de fabricar; por lo que es más barata su fabricación. Además de esto, los platillos hechos de este material presentan un sonido muy suave cuando es golpeado, que es muy flexible en cuanto a género y estilo

La aleación B8 tiene el menor porcentaje de estaño y, por tanto, es la más fuerte de las tres aleaciones de bronce. Esto hace más difícil su fabricación, pero hace que el platillo sea más duradero y resistente. Los platos hechos de B8 generalmente tienen un sonido mucho más animado que otros platillos y tienen una tendencia a cortar volúmenes altos.

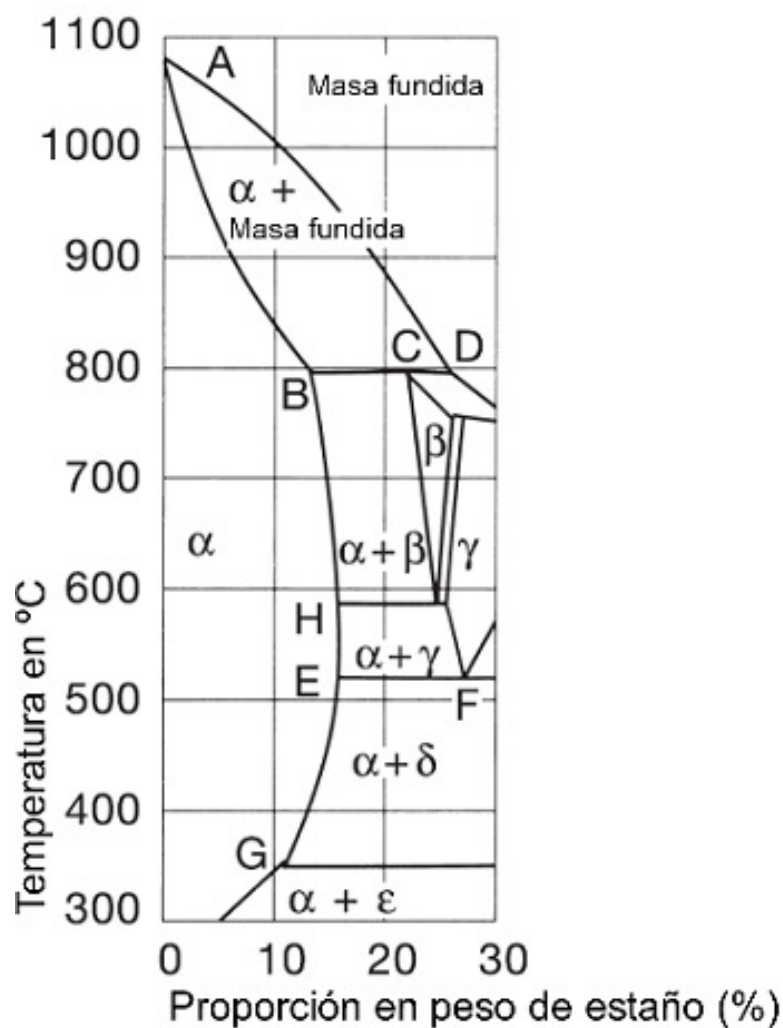
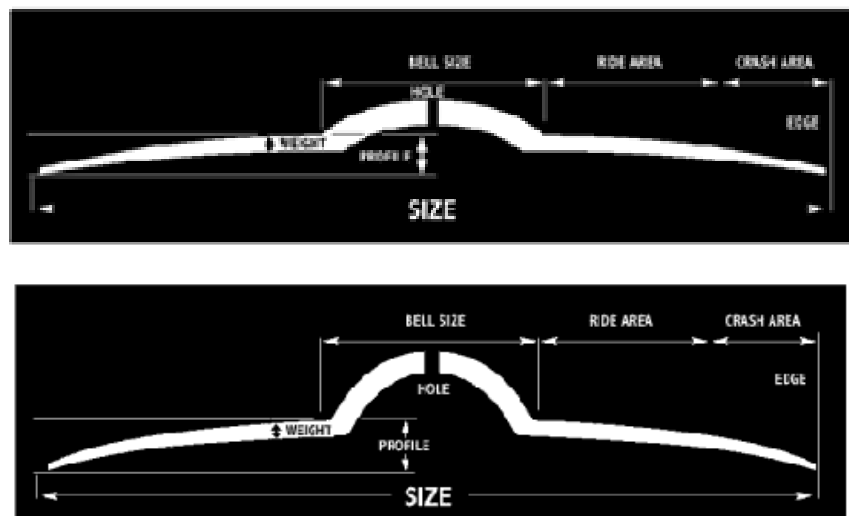


Figura 22: Diagrama de fases cobre - estaño

En el sonido del plato, y por tanto en las vibraciones que este sufre influyen varios factores como son el diámetro del plato, el diámetro de la campana, el peso, el perfil....



*Figura 23: Secciones diferentes de dos platos (distinta campana, perfil...)*

A continuación, se puede ver las diferentes propiedades (mecánicas, químicas, térmicas..) para las aleaciones B20 y B8 . Datos obtenidos de un estudio de la universidad de Brighton por Barnee Lloyd.

Property	Unit	Minimum	Maximum	Average
<b>B20 Alloy</b>				
Density	GPa	8600	8614	8607
Price	GBP/kg	1.7108	3.2806	2.4957
Youngs Modulus	kg/m <sup>3</sup>	97.8	127.4	112.6
Poisson's Ratio	-	0.337	0.347	0.342
Tensile Strength	MPa	82.2	323.6	202.9
Elastic Limit	MPa	25.4	283	154.2
Shear Stress	MPa	38.8	45.2	42

*Figura 24: Propiedades Aleación B20*



Property	Unit	Minimum	Maximum	Average
<b>B8 Alloy</b>				
Density	GPa	8798	8809.6	8803.8
Price	GBP/kg	1.46432	3.11224	2.28828
Youngs Modulus	kg/m <sup>3</sup>	106.32	139.76	123.04
Poisson's Ratio	-	0.3388	0.3488	0.3438
Tensile Strength	MPa	92.88	369.44	231.16
Elastic Limit	MPa	28.16	323.2	175.68
Shear Stress	MPa	42.52	49.28	45.9

*Figura 25: Propiedades Aleación B25*

Propiedades térmicas del bronce:

- Punto de fusión: de 830 a 1020 °C
- Punto de ebullición: de 2230 a 2420 °C
- Coeficiente de temperatura: 0,0006 K-1
- Coeficiente de expansión térmica: entre 20 y 100 °C ---> 17,00 x 10-6K-1
- Conductividad térmica a 23 °C: de 42 a 50 Wm-1
- Elongación: <65%

Al igual que con los parches, el sonido de los platos, es producido por las vibraciones. En este caso vibraciones en placas delgadas. La diferencia esencial entre la vibración de una membrana y una placa delgada es que en una membrana la fuerza restauradora se debe por completo a la tensión aplicada a la membrana y en la placa delgada la fuerza restauradora se debe por completo a la rigidez del diafragma, cuando no se aplica tensión. Esta fuerza restauradora depende de su resistencia elástica a la flexión, puesto que la fuerza recuperadora que actúa sobre la placa circular depende de su resistencia. French, A.P. (1974).

Cuando consideramos placas apoyadas se pueden presentar dos casos, según esté apoyada en su centro o sobre su contorno, con lo que varían las condiciones de frontera y la ecuación de las frecuencias de los modos propios de vibración en cada caso serían:

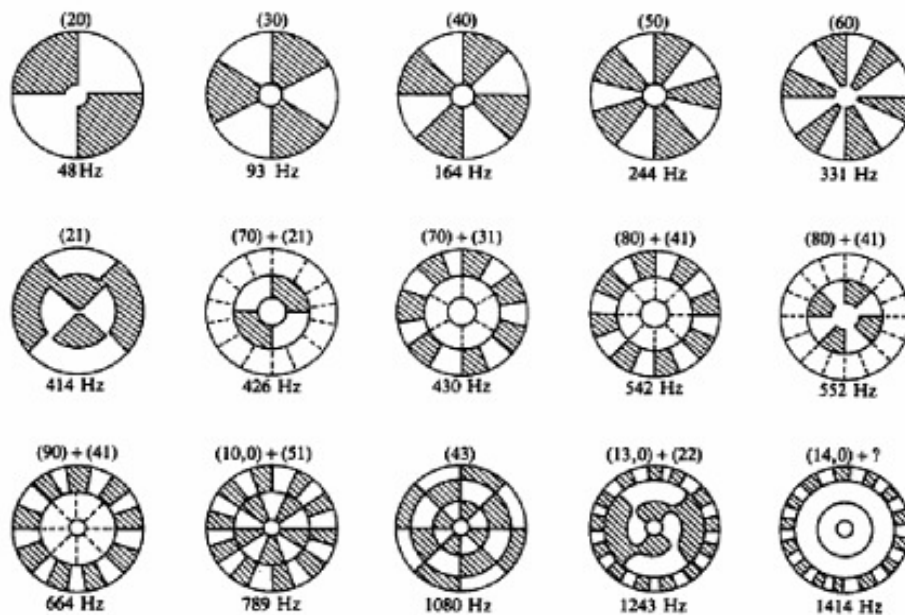
$$f_n = 0.172 \frac{e_0}{a^2} n^2 \sqrt{\frac{E}{\rho (1 - \sigma^2)}} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$f_n = 0.233 \frac{e_0}{a^2} n^2 \sqrt{\frac{E}{\rho (1 - \sigma^2)}} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

*Formula 1: Ecuaciones de las frecuencias de los modos propios de vibración.*

La primera de las ecuaciones sería para placas apoyadas en el centro y por tanto la que nos interesa para el caso de los platos. Donde  $e_0$  es el espesor,  $a$  el radio de la placa,  $E$  el modulo de Young,  $\sigma$  el coeficiente de Poisson y  $\rho$  la densidad volumétrica.

En las siguientes imágenes podemos ver los modos de vibración de un plato ( Los primeros seis modos se asemejan a los de una lámina circular plana, el resto tienden a ser combinaciones de dos o más modos).



*Figura 26: Modos de vibración de un plato.*

Por último, una imagen tomada en el momento del impacto de la baqueta sobre el plato, donde se puede apreciar la deformación a la que se ve sometido el plato en cada percusión.



*Figura 27: Deformación de una placa delgada (plato) a cámara lenta.*

#### **4.1.4. Herrajes.**

Por último, nos encontramos con el grupo de herrajes. Entre otros, los más comunes son los soportes de platos, soporte de caja, pedal de bombo y sillín.

##### **4.1.4.1. Soportes de Plato.**

Estos herrajes están fabricados en acero cromado, con algunos componentes plásticos. Los soportes tienen 3 puntos de apoyo, que se puede abrir y cerrar, y están formados por dos o tres cilindros huecos para modificar su altura, lo cual permite colocar los platos a la altura más cómoda para el músico. Dentro de los soportes de plato podemos encontrar varios tipos:

- Soporte recto: se trata de un soporte totalmente vertical.



*Figura 28: Soporte recto real y renderizado*

- Soporte tipo jirafa: muy parecido al recto, pero en la parte superior tiene otro brazo que gira y se puede poner horizontal, por lo que el eje del plato no estará alineado con el soporte. Este es más versátil y facilita la colocación cercana de los platos.



*Figura 29: Soporte tipo jirafa real y renderizado*

- Soporte de Hi-hat: está construido para soportar dos platos. Un pedal en la base del soporte acciona un mecanismo que los hace chocar. Un tornillo delgado atraviesa, a través de un tubo hueco, ambos platillos, conectándose con un pedal. El platillo superior está conectado con el tornillo por medio de un resorte, mientras que el platillo inferior permanece fijo, descansando sobre el tubo hueco. Las alturas del platillo superior y la del platillo inferior son ajustables, lo que permite modificar la altura y el grado de apertura. También hay otro tipo de soporte de Hi-Hat que funciona por presión. El tubo se elimina para dar paso a un cable flexible relleno de aire, que permite colocar el pedal y el hi-hat en lugares distintos. Normalmente este tipo de hi-hat se acopla a un rack.



*Figura 30: Soportes Hi-Hat normal y por presión*



*Figura 31: Soporte Hi-Hat renderizado*

#### **4.1.4.2. Soportes de Caja.**

Al igual que el soporte de plato, cuenta con tres patas de apoyo, también se puede modificar su altura pero no con tanto margen como el de plato. En la parte superior cuenta con otros tres apoyos plegables donde se coloca la caja. También fabricado en acero cromado, estos apoyos cuenta con unas partes plásticas para que no estén en contacto los metales del aro de la caja y del soporte.



*Figura 32: Soportes Caja real y renderizado*

#### **4.1.4.3. Pedal de bombo.**

Se trata de la invención, que junto con el soporte de caja permitió que los instrumentos de percusión se pudieran unificar y juntar todos en uno solo, y con ello apareció la batería. Sobre una base se monta unos pilares para colocar el eje de giro. Un pedal unido a la base y también al eje mediante una cadena o mecanismo permite el giro del eje al ejercer una fuerza con el pie sobre el pedal. También sobre el eje está montada la maza de bombo, la cual al girar el eje golpea el parche, y vuelve a atrás a dejar de aplicar la fuerza por la acción de un muelle. La maza puede ser de un solo material o con varias caras (dos, tres y hasta cuatro) donde cada una tiene un material diferente para el impacto, como puede ser madera, plástico duro, fieltro...

También podemos hablar de doble pedal, que es muy semejante, pero formado por dos pedales, en uno se montan dos mazas, cada pedal acciona una de ellas. El segundo pedal está unido al principal mediante una transmisión con un mecanismo cardánico. Con este pedal doble y con la técnica apropiada, se pueden realizar redobles en el bombo. Con el doble pedal también se ahorra espacio, ya que la otra opción sería colocar 2 bombos, con dos pedales individuales, lo que aumenta el tamaño de la batería.



*Figura 33: Pedal de Bombo simple y doble*



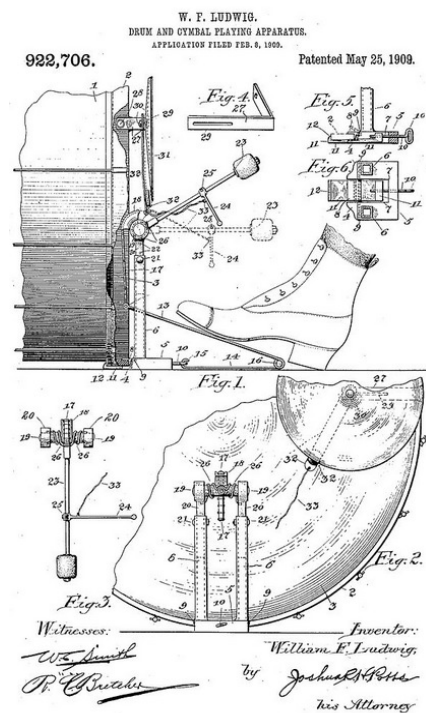


Figura 34: Primera patente de pedal de bombo - Ludwin 1909



Figura 35: Pedal de bombo renderizado

#### **4.1.4.4. Sillín.**

Es el herraje encargado de soportar al baterista, por lo que es el que más peso debe soportar. Como mínimo tiene 3 puntos de apoyo. Está formado por una estructura de acero cromado y en la parte superior, en el asiento por un material más elástico para la comodidad del músico. Este material está forrado con una piel de cuero o incluso en poli piel personalizada a gusto del baterista. De cara a sonido, el sillín poco importa, pero si es interesante en este caso, ya que del punto de vista ergonómico, el sillín es una de las partes más importantes. Como podemos ver en la imagen, hay sillines de diversas formas, todo depende del precio. También se puede optar a que el sillín tenga apoyo lumbar, el cual es importante ya que nos obligará a mantener una postura erguida que nos será muy útil para corregir nuestra postura y obligarnos a cuidar nuestra espalda, aunque el precio para este tipo es mayor.



*Figura 36: Sillín de 3 apoyos y sillín de 4 apoyos con reposo lumbar*



*Figura 37: Sillín de 3 apoyos renderizado*



#### **4.1.4.5. Otros herrajes.**

Podemos encontrar más tipos de herrajes pero que se suelen utilizar cuando la batería es muy grande, como por ejemplo el Rack, que se trata de una estructura donde se montan los platos solo con la mitad de un soporte, sin la parte baja de las patas, que es lo que más ocupa. También se suelen colocar los Toms aéreos.



*Figura 38: Estructura del Rack sobre la batería*

Para la sujeción de los toms aéreos se utiliza un herraje que es parecido a unos cuernos que se coloca sobre el bombo o unido a un soporte de plato y en este se introduce uno o dos toms, dependiendo de los que el baterista use. Si la batería es de alta gama, el bombo y los toms no son agujereados, por lo tanto también se utilizan soportes de caja para los toms. Los toms base tienen como herraje las tres patas que los apoyan con el suelo.

También existen pequeños soportes de plato que se pueden montar sobre otros soportes para platos pequeños tipo "Splash". Estos son útiles porque ocupan muy poco espacio pero a la vez tienen una longitud para colocarlo en la posición más cómoda.



*Figura 39: Soporte de pinza y soporte de tom.*

#### **4.1.5. Vistas representación tridimensional en conjunto.**

Para finalizar esta parte sobre el instrumento, a continuación se van a mostrar unas imágenes de todos los elementos que se han representando gráficamente en un solo ensamblaje final, pudiendo ver así la distribución de estos en la batería.



*Figura 40: Vista isométrica en modo modelo*



*Figura 41: Vista isométrica renderizada*



*Figura 42: Vista isométrica renderizada*



*Figura 43: Vista planta renderizada*





*Figura 44: Vista alzado frontal renderizada*



*Figura 45: Vista alzado posterior renderizada*



*Figura 46: Vista perfil izquierdo renderizada*



*Figura 47: Vista perfil derecho/planta renderizada*


## 4.2. Instrumentista.

El instrumentista de este vistoso instrumento es conocido como baterista o también como batería. En este apartado se verá las posiciones de los elementos de la batería respecto al músico, las posturas que adopta y las características físicas durante su labor.

### 4.2.1. Baquetas.

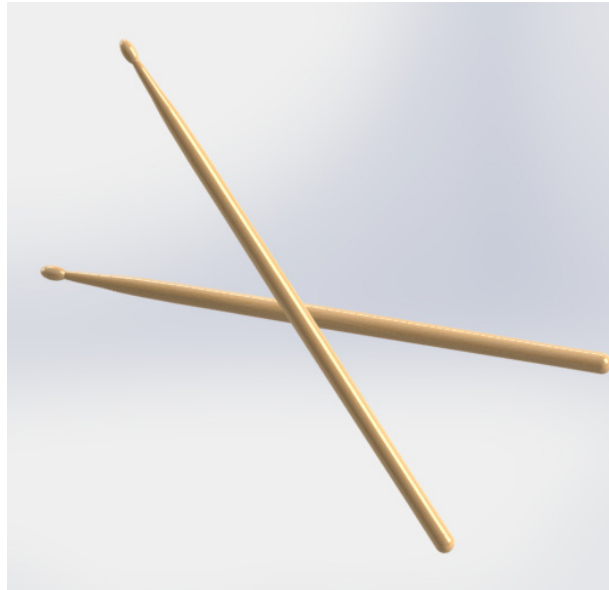
La batería se puede tocar directamente con las manos, como hacia John Bonham (Led Zeppelin) en algunos temas, pero lo más normal es que la conexión entre el instrumento y el instrumentista sea mediante las baquetas o “palillos”. Estas no son un instrumento. Las baquetas se diferencian por su material, por su longitud, por su grosor, por tipo de madera (normalmente de nogal) y por la forma de su punta. Estos factores variarán la respuesta, la duración, la absorción de impactos y el sonido que emitirán los parches. Cada percusionista debe encontrar su modelo de baquetas, lo que define nuestro modelo de baquetas no es el estilo que toquemos, sino nuestra fisionomía, si se nos cansan las muñecas y los antebrazos con unas más pesadas, o si con unas baquetas más largas nos da la sensación de que nos sobra parte de esa baqueta. Existen varios tipos de materiales, como las de roble, nogal, pino, haya, y arce, aparte de las de plástico y fibra de carbono.

Nombre	Longitud	Diámetro
7A	15 y 1/2	0,540
8D	16	0,540
5A	16	0,565
5B	16	0,595
F1	16 y 3/16	0,580
3A	16 y 3/16	0,580
1A	16 y 13/16	0,580
2B	16 y 1/4	0,630
Rock	16 y 5/8	0,630
CM	17	0,635



*Figura 48: Tipos y dimensiones de baquetas*





*Figura 49: Baquetas renderizadas*

#### **4.2.2. Agarre.**

La forma de coger las baquetas es muy importante de cara a futuras lesiones. Hay varias formas de tomar las baquetas, pero por regla general la manera de tomar la baqueta debe ser la más relajada que permita un buen control de la misma. Existen dos modos de agarre, el modo tradicional y el modo grip o agarre paralelo. La baqueta no se agarra, se sostiene con el pulgar y el índice, como si fuese un pellizco. Los dedos restantes son para control; estos últimos se usan para controlar la baqueta en redobles cerrados y notas dobles rápidas. Al momento de la ejecución, la palma de la mano debe ver hacia abajo, la punta de la baqueta debe moverse en una línea imaginaria entre el parche y el hombro que sostiene la baqueta. Este movimiento debe lograrse flexionando solo la muñeca.

El agarre paralelo puede subdividirse en tres variantes:

- Alemán: la muñeca va paralela a la caja.



*Figura 50: Agarre alemán*

- Francés: la muñeca va perpendicular a la caja.



*Figura 51: Agarre francés*

- Americano: la muñeca forma un ángulo de 45°.



*Figura 52: Agarre americano*

Al igual que para el agarre de las baquetas existen varios modos, para el uso de los pedales también existen dos modos. La técnica plana y la técnica de punta.

#### **4.2.3. Golpeo bombo.**

- Técnica Plana

1. También denominada de talón abajo o heel down.
2. El talón reposa constantemente en el pedal.
3. En reposo, el mazo queda engatillado (lejos del parche).
4. Para tocar se presiona el pedal con todo el pie.
5. El eje de movimiento está en el tobillo.
6. Reduce la fatiga al trabajar sólo la pierna y el pie.
7. Útil para ritmos lentos.
8. La intensidad del golpe de bombo es menor.
9. La resonancia del golpe es mayor.
10. Los golpes múltiples se hacen más difíciles.
11. Se facilita el control del matiz de cada impacto.
12. El asiento no tiene que estar tan alto.
13. Ideal para bateristas altos.



*Figura 53: Golpeo bombo técnica plana*

- Técnica de Punta

1. También denominada de talón arriba o heel up.
2. El talón no toca el pedal.
3. En reposo, el mazo queda percutido (reposa en el parche).
4. Para tocar se presiona el pedal con la punta.
5. El eje de movimiento está en la cadera.
6. Aumenta la fatiga al trabajar todo el miembro inferior.
7. Útil para ritmos rápidos.
8. La intensidad del golpe de bombo es mayor.
9. La resonancia del golpe es menor.
10. Los golpes múltiples se hacen más fáciles.
11. Se dificulta el control del matiz de cada impacto.
12. El asiento debe estar un poco más alto.
13. Ideal para bateristas bajos.



*Figura 54: Golpeo bombo técnica punta*

#### **4.2.4. Posicionamiento de la batería**

A continuación se va a ver cómo colocar los diferentes instrumentos que componen la batería para lograr la mejor postura para el baterista.

“Adapta la batería a ti, no tú a la batería”. Esto es lo primero que se debería saber cuando un principiante se sienta a la batería. Si no adaptamos la colocación de los tambores a nuestras necesidades es posible que adoptemos una mala posición y esto no sólo perjudicaría nuestra ejecución, sino también afecta a nuestro movimiento y posiblemente acabaría desarrollando alguna lesión. Lo mismo podemos decir con respecto a la técnica, la manera en que sujetamos las baquetas y el movimiento de las extremidades pueden convertirse en nuestros peores enemigos y afectar al mismo tiempo a nuestra salud.

Hay muchos factores que incluyen en el montaje de la batería, el más importante es la manera de tocar de cada baterista. Algunos son zurdos, a otros les gusta golpear el plato de Crash con su mano izquierda, etc. Otro factor importante es la constitución física de cada persona, si tenemos las piernas largas o cortas debemos tenerlo en cuenta al montar la batería. Y por supuesto está la cuestión estética, algunos disponen la batería para que tenga una apariencia impactante aunque esto comporte mayor dificultad durante la ejecución. Con el paso del tiempo nos damos cuenta de que es mejor una ejecución más cómoda que antes una apariencia brillante. Afortunadamente, en la actualidad muchos músicos son conscientes de ello y adaptan el instrumento de una manera más funcional.

Muchos bateristas usan la configuración básica de la batería, puesto que les permite tocar cómodamente diferentes estilos, pero muchos han empezado a investigar nuevas posibilidades de montaje. Algunos colocan el charles en el centro, para poder tocarlo con ambas manos, otros disponen un timbal base a su izquierda, al lado de la caja. La tendencia es colocar a la derecha los instrumentos que tocamos con la mano derecha y a la izquierda los que tocamos con la mano izquierda y en el centro los que podemos tocar con ambas manos.

##### **4.2.4.1. Posición sillín y espalda.**

La elección del sillín y su posición son elementos muy importantes para tener una posición ergonómica en la batería. Al igual que las ramas de los árboles dependen del tronco para su estabilidad, nuestras piernas y nuestros brazos dependen del buen soporte de nuestra espalda sobre el sillín. Si no logramos una buena estabilidad estamos malgastando una gran dosis de energía que nos es necesaria para tocar, por tanto debemos escoger un modelo que tenga buena estabilidad y que sea fácil de ajustar a la posición deseada.

Los muslos deben quedar paralelos al suelo, si nos sentamos demasiado alto o demasiado bajo estamos forzando nuestro cuerpo a trabajar de manera incorrecta y esto puede acarrear mayor fatiga y quizás alguna lesión.

La altura del sillín afecta a nuestra posición. El cuerpo descansa su peso en los huesos de la parte inferior de la columna. Si colocamos el sillín en una posición demasiado alta,

provocaremos un aumento del arco de nuestra espalda y una presión innecesaria. Si el sillín está ajustado en una posición muy baja causaremos una pérdida de la curva de la parte inferior de la columna y arqueando los hombros, como consecuencia cargamos la tensión en el cuello y causamos una presión innecesaria en el final de la columna, lo que nos puede ocasionar calambres en las piernas.

Una vez que tengamos un buen sillín y lo hayamos ajustado correctamente, debemos prestar atención a la manera de sentarnos, pues esto nos ayudará a conseguir una mejor resistencia y una ejecución más comfortable.

Al inclinar los hombros hacia delante provocamos dolor en la parte superior de la columna y dificultamos la respiración. La parte superior de nuestro cuerpo debe estar vertical, no obstante nuestro torso se mueve durante la ejecución acompañando el movimiento de las extremidades para mantener el centro de gravedad. Debemos adoptar una posición centrada de los hombros y la cabeza en el cuerpo. Esto equilibra los brazos y la cabeza respecto a la columna y nos permite ahorrar energía, ya que la musculatura realiza menos esfuerzo. Para hacernos una idea de esto, imaginemos que tenemos atadas unas cuerdas a la cabeza y a los hombros, la de la cabeza tira hacia arriba y las de los hombros tiran hacia los lados. Esta postura requiere poco esfuerzo muscular y nos hará sentir más ligeros y con más energía. Este experimento debemos realizarlo estando totalmente relajados ya que la posición que adoptemos debe facilitarnos el movimiento por toda la batería de manera natural.

#### **4.2.4.2. Posición caja.**

En la música actual necesitamos tocar la caja con volumen y potencia, por esta razón la colocamos justo delante de nosotros, un poco más alta que nuestras piernas para no entorpecer el golpe de baqueta. Esta posición nos permite tocar la caja con ambas manos y al mismo tiempo conseguir mayor potencia. Al tener la caja centrada, los hombros adoptan una posición natural con los codos y las muñecas de modo que la musculatura no debe hacer un gran esfuerzo para sostenerlos. Así conseguimos una óptima movilidad.

Los bateristas a menudo colocan la caja demasiado baja y esto fuerza el brazo a gastar más energía en el movimiento antes del golpe en el parche. Al contrario, si colocamos la caja demasiado alta, restringimos el movimiento del brazo e impedimos desarrollar toda su potencia. Las muñecas también adoptan una mala posición si la caja está demasiado alta o demasiado baja, y esto puede afectar a la manera de tocar e incluso dañar las mismas.

#### **4.2.4.3. Posición bombo y Hi-Hat.**

Los pedales de bombo y hi-hat deben estar en una posición cercana a los noventa grados y ambos deben estar a la misma distancia del sillín. Las piernas adoptan una posición de V con la caja en el medio, que permite a los tobillos y los pies un buen funcionamiento para accionar los pedales. Ajusta los pedales para que al accionarlos mantengan un ángulo por debajo de los 90° y el pie pueda descansar sobre ellos. Es importante que los pies se relajen

cuando no están tocando ya que esto comporta un ahorro considerable de energía y de fatiga, al mismo tiempo que nos permite un mejor equilibrio en todo nuestro cuerpo.

#### **4.2.4.4. Posición toms.**

Los timbales deben estar cercanos entre si y facilitar el acceso a cada uno de ellos. El timbal pequeño lo ajustamos por debajo de la altura de nuestro pecho y el más grande a una altura cercana a la de la caja, así evitaremos extender demasiado los brazos para acceder a él. Podemos inclinarlos un poco para favorecer el golpe de aro y evitar movimientos extraños de las manos. Al colocar los timbales un poco por encima de la caja, éstos quedan a una altura en que los codos están relajados y permiten a las muñecas trabajar de manera adecuada. La colocación de los timbales debe ser de forma descendiente para facilitar el giro de nuestro cuerpo, pues al efectuar la rotación el cuerpo tiende a descender. Si tocamos con muchos timbales es conveniente centrarlos al máximo para facilitar el acceso a ellos y no efectuar un giro excesivo para llegar a los timbales base situados a nuestra derecha o izquierda, pues esto nos puede ocasionar problemas musculares.

#### **4.2.4.5. Posición platos.**

Otra razón para bajar la altura de los timbales es para facilitar el acceso a los platos. Cuanto más levantamos el brazo la fuerza de la gravedad actúa de manera más intensa y nos causará mayor fatiga. También el hombro adopta una posición más incómoda y dificulta el trabajo de la musculatura. Al situar los platos más abajo favorecemos el movimiento del hombro, brazo y de la mano, lo que nos reporta mayor resistencia y coordinación. El plato de ritmo (Ride) debe situarse a la misma altura o por debajo del hombro y cercano al cuerpo. Podemos colocarlo de forma que el ángulo del plato esté en línea con nuestra cintura y al situar la baqueta en la campana la mano quede en una posición cómoda.

Una buena colocación del plato nos facilita el rebote de la baqueta y podemos sacar un sonido más fuerte y claro. También dejamos que la vibración se pierda en el aire en lugar de que repercuta en nuestra mano. Esto último se puede aplicar a cualquier elemento de la batería:

Los platos de Crash normalmente se tocan en un ángulo distinto que los platos de ritmo. Podemos disponer de una gran variedad de sonidos en los platos de Crash pero el más efectivo es el que conseguimos con el cuerpo de la baqueta, que situaremos creando un ángulo cercano a los 30° respecto al plato. Para conseguir una buena posición, sitúa los platos en ángulo con tu pecho, no importa a que altura estén, y para cerciorarnos de que están bien colocados nos sentamos cómodamente en la batería y debemos tocar con la palma de la mano el borde de los platos (con la mano derecha los situados a nuestra derecha, y con la izquierda los situados a la izquierda).



#### **4.2.4.6. Posición atril.**

Aunque no forme parte de la batería debemos considerar la posición del atril ya que, influye mucho en nuestra ergonomía. La tendencia general es situar el atril excesivamente lejos y a un lado; con lo que nos vemos obligados a girar la cabeza para leer la música. El resultado es un desequilibrio de la musculatura del cuello y de los hombros, causando una irritación en estas zonas y dificultando la irrigación sanguínea de la cabeza y disminuyendo así nuestra atención. Otra cosa importante es que para ver al director o al artista debemos girar la cabeza hacia otro lado, ya que normalmente se sitúan delante de nosotros. La recomendación es situar el atril entre nosotros y el director para así tener una buena visión tanto del director como de toda la batería.

#### **4.2.5. Características físicas del trabajo.**

La postura: Es la posición del cuerpo adopta al realizar un trabajo.

La postura agachado se asocia con un aumento en el riesgo de lesiones. Generalmente se considera que más de una articulación que se desvía de su posición neutral produce altos riesgos de lesiones.

Posturas específicas asociadas con lesiones en partes del cuerpo son:

- En la muñeca: La posición de extensión y flexión se asocian con el síndrome del túnel de carpo. Desviación mayor de 20 grados se asocia con un aumento del dolor.

El síndrome del túnel carpiano consiste en que el nervio mediano, que transmite los impulsos nerviosos de la mano y rige algunos músculos de los dedos, atraviesa un estrecho túnel constituido por hueso y ligamentos que queda a la altura de la muñeca. Si los tendones, que recorren el citado túnel, se inflaman, comprimirán el nervio mediano y los vasos sanguíneos que lo alimentan, lo cual da origen a este síndrome. De entre los síntomas cabe destacar la sensación de molestia, entumecimiento u hormigueo en las manos, y puede que también en los brazos. Los síntomas mas evidentes de manifestación del síndrome son la sensación de entumecimiento durante la noche. Los casos agudos pueden dar origen a daños de carácter permanente.

- En el hombro:

Flexión mayor de 60 grados que se mantiene por más de una hora diaria se relaciona con dolor agudo de cuello. Las manos arriba a la altura del hombro se relacionan con tendinitis y varias patologías del hombro.

- En la espalda:

Una posición de flexión de 30 grados necesita 300 minutos para producir síntomas de dolor agudo. Con una flexión de 60 grados y 120 minutos aparecen los mismos síntomas.

La extensión con el brazo levantado se ha relacionado con dolor y adormecimiento cuello-hombro, el dolor en los músculos de los hombros disminuye el movimiento del cuello.

Según los consejos de un fisioterapeuta sobre el uso de la batería, para evitar que aparezcan estos síntomas es importante tener una buena técnica, también un buen estado de forma ya que con más entrenamiento, menos cansancio. Los mejores deportes a realizar para mejorar físicamente de cara a la batería serían la natación y Pilates, ya que fortalecen la espalda.

Estar sentado en una posición incorrecta no solo daña la espalda sino también hombros, brazos y piernas. Como se ha comentado anteriormente, un buen sillón es fundamental y es importante que tenga respaldo para mejorar la postura. Cada 30 – 40 minutos se debería realizar un pequeños descanso, ya que al estar en posición sedentaria se recomienda levantarse unos minutos. Aunque este tiempo depende del estado de forma de cada baterista.

Y por último, mencionar lo importante de realizar un buen calentamiento y estiramientos. Se pueden realizar ejercicios para reforzar la musculatura de los brazos como podría ser una cinta elástica, pesas o una Powerball. También hay que realizar estiramientos al terminar la actividad.

En otro caso en el que hay que tener especial atención, es a la hora de mover la batería desde el lugar de estudio o ensayo hasta el lugar de una actuación, ya que algunos de sus elementos son bastante pesados por lo que se tiene que tener cuidado de cómo manejar esas cargas. Por suerte, los bateristas profesionales suelen tener ayudantes que se encargan de realizar este trabajo engorroso y el solo debe de preocuparse de su actuación, pero la mayoría deben cargas con su propio instrumento.

### **4.3. Software.**

Para la realización de este trabajo se han utilizado dos tipos de software, un software de diseño asistido por ordenador para la primera parte del trabajo, y un software destinado al estudio ergonómico.

#### **4.3.1. SolidWork®**

Para llevar a cabo la representación gráfica tridimensional de la batería se ha utilizado el programa SolidWorks. Es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entrono gráfico basado en Microsoft. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas.

Para Sergio Gómez González (2007), SolidWorks es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado de piezas, crear ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validad, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable. Se

caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos.

Junto con las herramientas de diseño de Pieza, ensamblaje y dibujo, incluye herramientas de productividad, gestión de proyectos, presentación análisis y simulación. En este caso se han utilizado siguientes módulos para la representación gráfica: Pieza, ensamblaje y dibujo.

Herramientas de productividad y de presentación-colaboración: Toolbox (biblioteca de diseño), SolidWork Motion (Para realizar animaciones) y PhotoView 360 (Para aplicar apariencias, escenas y realizar renderizados)

**SolidWorks Simulation.** Este es una herramienta de validación de diseño integrada en SolidWorks que permite simular el comportamiento de piezas y ensamblajes mediante la aplicación del análisis por Elementos Finitos (FEA)

Su uso permite estudiar el comportamiento mecánico y térmico de un modelo de pieza o ensamblaje bajo ciertas condiciones de servicios son necesidad de crear un prototipo físico real del mismo. Éste tipo de validación virtual permite evaluar el comportamiento del modelo de forma rápida y económica sin tener que invertir recursos en ensayos destructivos.

Al estar integrado en SolidWorks se puede modificar la geometría del modelo 3D y volver a ensayarlo bajo diferentes condiciones de contorno (distintos materiales, cargas, mallado...) tantas veces como sea necesario hasta encontrar el modelo que mejor se ajusta a las necesidades requeridas.

Los estudios disponibles en SolidWorks permiten crear análisis estáticos, de frecuencias, pandeo, térmicos, de fatiga y recipientes a presión.

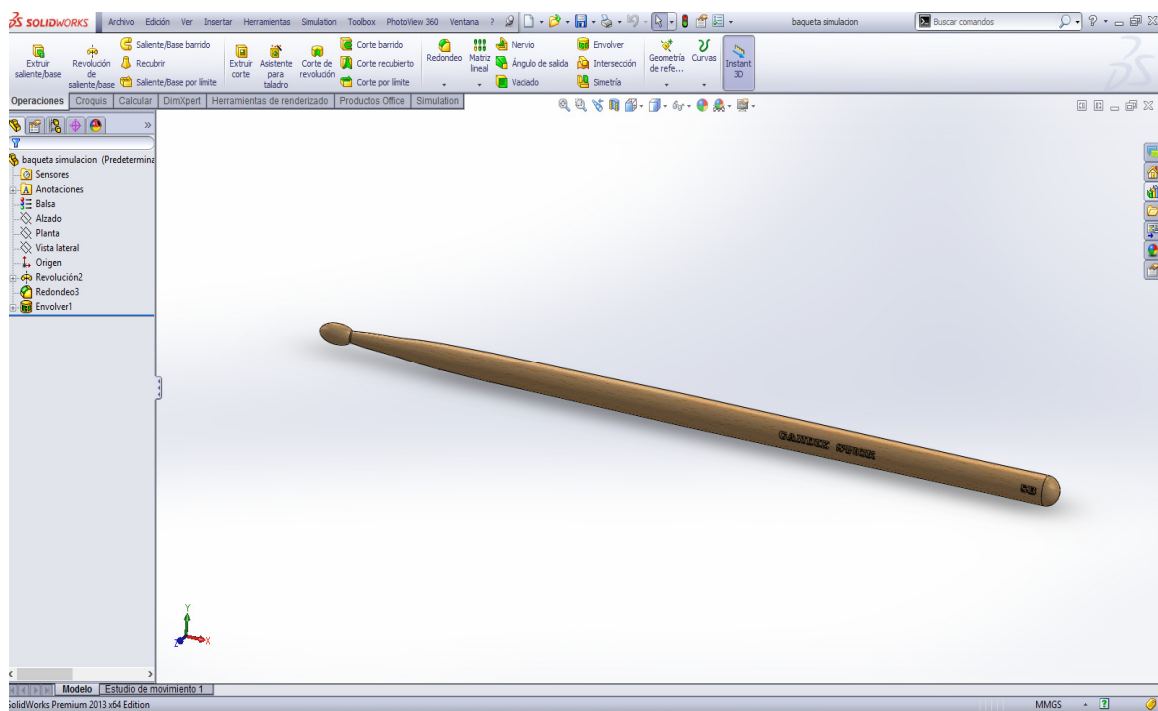
Como se ha comentado anteriormente, SolidWorks Simulation analiza los modelos mediante el método de los elementos finitos (FEM, Finite Element Method). FEM es un método numérico de cálculo empleado en la resolución de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería como es el análisis de tensiones o análisis estático, de fatiga entre otros. Se considera el método de análisis estándar más usado debido a su generalidad y compatibilidad para ser implementado en cualquier ordenador.

El método se basa en dividir el modelo o geometría a validación en múltiples partes de pequeño tamaño denominadas "Elementos". La división del modelo 3D en pequeñas partes divide el problema complejo en muchos problemas de mayor simplicidad y que pueden ser resueltos de forma simultánea en menor tiempo. Los elementos comparten entre ellos puntos comunes de intersección llamados "Nodos".

Los programas basados en FEM formulan ecuaciones matemáticas que rigen el comportamiento de cada uno de los elementos teniendo en cuenta su conectividad con los

demás elementos a través de los nodos. Por ejemplo las ecuaciones empleadas en un estudio estático definen los desplazamientos de cada uno de los nodos en las direcciones X,Y y Z en función de la carga, las restricciones de movimiento y las propiedades mecánicas del material empleado entre otros aspectos.

Finalmente, el post-procesado representa el modelo tridimensional con una gama de colores que indica las tensiones y deformaciones sufridas bajo las condiciones de contorno definidas.



*Figura 55: Pantalla del programa SolidWorks*

#### **4.3.2. WinOWAS.**

WinOWAS es un software simple de uso sencillo de análisis ergonómico, donde solo se puede analizar el método Owas para la realización del estudio ergonómico. Se observa la postura del baterista directamente, en imágenes o vídeo y a partir de ahí, se introduce una puntuación en el programa en función de la postura observada para diferentes posiciones de los brazos, piernas, espalda y de la fuerza ejercida y de este obtenemos unas tablas donde podemos apreciar la carga postural a la que se ve sometido el músico.

A continuación se pueden ver la imagen del programa, donde se introducen los datos en función de la postura observada. La segunda imagen es del mismo programa mas actualizado, donde ya aparecen las diferentes opciones mediante gráficos y es mas intuitivo.

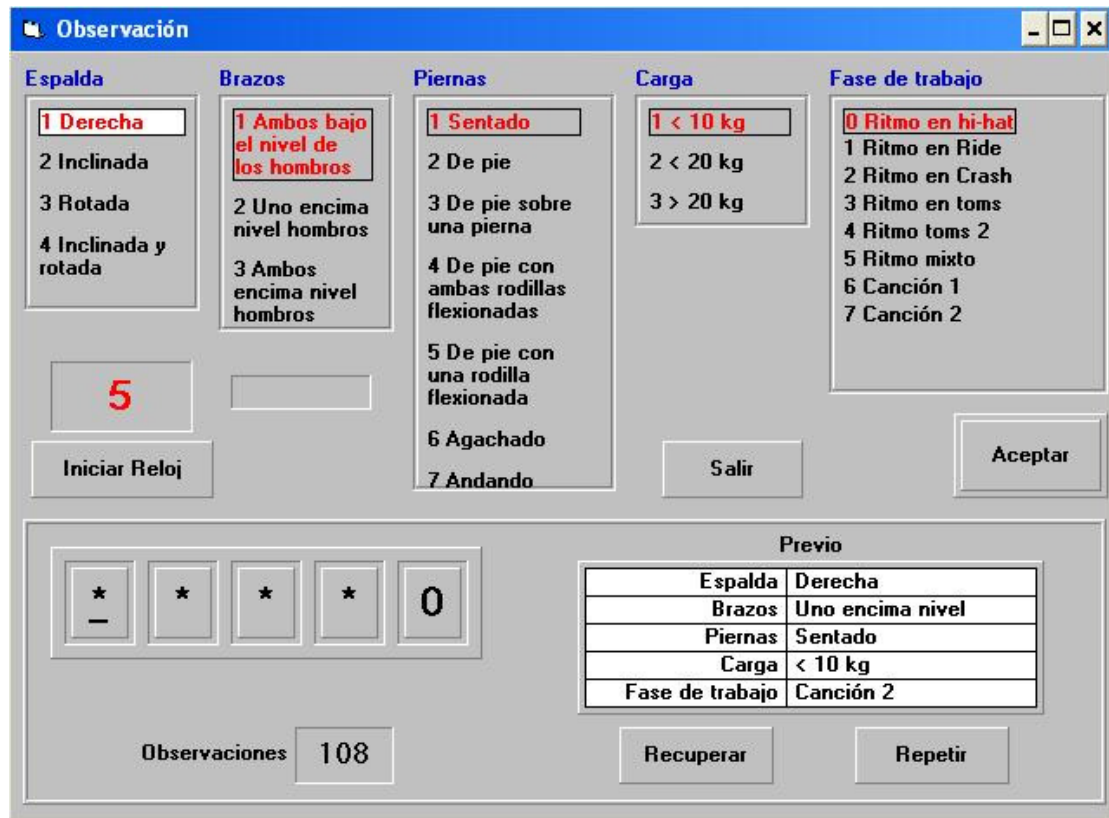


Figura 56: Programa WinOWAS

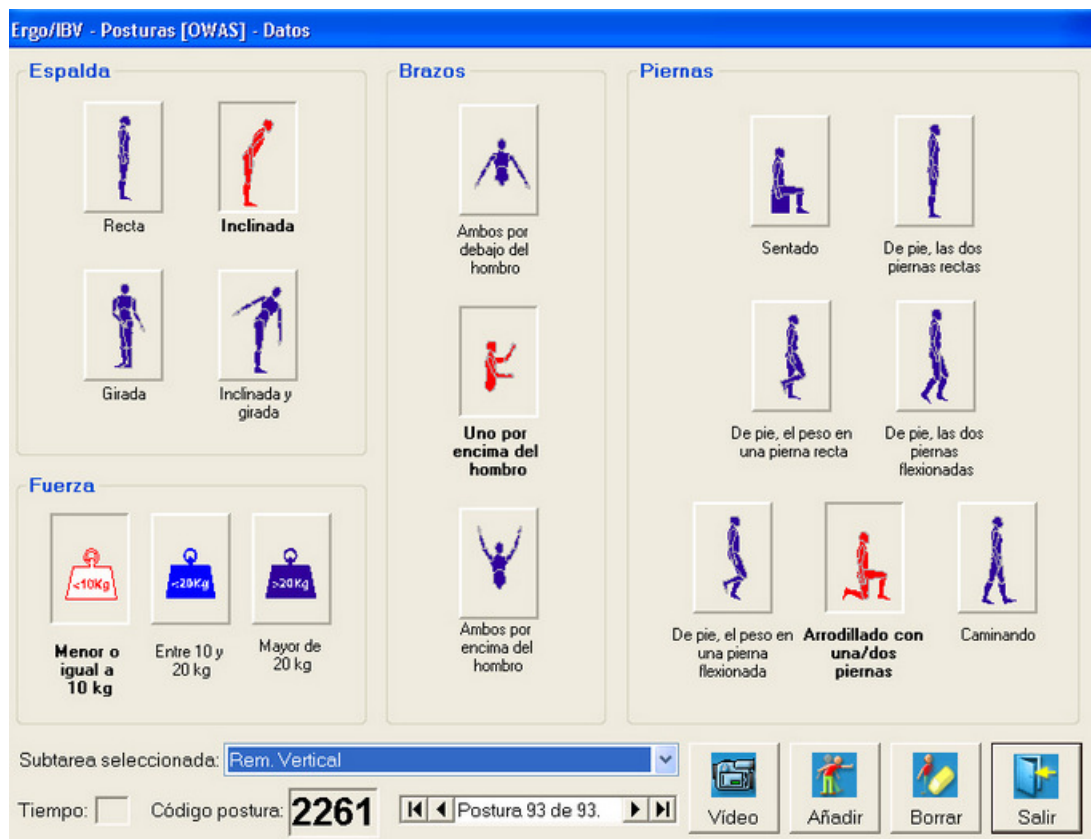


Figura 57: Programa WinOWAS actualizado

#### **4.4. Dinamómetro.**

Para conseguir los valores de las fuerzas que se aplican sobre los elementos de la batería se ha utilizado un medidor de fuerza PCE-FM 100 con una célula dinamométrica externa RS - 232.



*Figura 58: Medidor de fuerza y célula*

Este medidor de fuerza está controlado por un microprocesador que permite leer con rapidez y precisión tanto la tracción como la compresión. El medidor de fuerza posee una caja dinamométrica conectada a un cable de 2 m (cable con clavija conectada a la carcasa del aparato) La célula dinamométrica se puede colgar o enganchar con las corchetes del envío. Dichas corchetes pueden ser desatornilladas y extraídas de ambos lados de la célula dinamométrica, de manera que la célula puede también ser atornillada en otras sujeciones, instalaciones de ensayo y puestos de prueba.

Las aplicaciones y usos de este medidor de fuerza son numerosas como para electrónica, maquinaria, producción, automóviles y otros usos industriales.

Dentro de estas aplicaciones que aparecen en el libro de instrucciones que lo acompaña aparece dentro del apartado de otros usos industriales la aplicación: Mide la fuerza de presión del pedal o del teclado en instrumentos.

Las especificaciones técnicas del equipo utilizado son:

Rangos de medición	==>	De 0 a 100 Kg/ 0 a 981 N
Resolución	==>	0.05 Kg/0.2 N
Precisión	==>	± 0.5% / ±5 N
Unidades de medida	==>	gramo/Newton
Sobrecarga máxima	==>	50% (Hasta un máximo de 150 Kg)



## **5. MÉTODOS**

### **5.1. Representación gráfica tridimensional.**

Para realizar la representación gráfica se ha utilizado una batería acústica Pearl Export series, con sus herrajes y un set de platos de diversas marcas.

Los pasos realizados han sido:

- Medida de las piezas y representación de estas en un croquis.
- Representación en 2D del croquis y se otorga la tercera dimensión mediante extrusión o revolución.
- Se aplica el material a la pieza.
- Se genera el ensamblaje y se van uniendo todas las piezas que componen el elemento dándole relaciones de posición entre ellas.
- Se ha unido todos los elementos previamente ensamblados (Bombo, caja, soportes...) en un ensamblaje final en un conjunto completo de la batería.

Para la medición se ha utilizado un pie de rey y una regla milimetrada. Se ha comenzado con los herrajes de la batería, posteriormente se han representado los cascos de la batería (Bombo, timbales y caja) y por último se han realizado los platos

Cuando se ha terminado de realizar por completo la representación de la batería, entonces se llevarán a cabo las simulaciones. Para ello se debe activar el módulo de SolidWorks Simulation. Se pueden realizar varios tipos de estudios (estático, frecuencia, pandeo, térmico, caída, fatiga, no lineal...). En este caso los estudios que se van a realizar serán estáticos y de frecuencia sobre los siguientes elementos:

Parches: caja 14" y bombo "

Platos: Splash 10", Crash 16", Ride 20", Efix 16" ( los anteriores con aleación B20) y Crash 16" con aleación B8.



*Figura 59: Activación SolidWorks Simulation*

### **5.1.1. Estudio estático.**

Permite conocer cómo se deforma el modelo ensayado bajo la acción de cargas y cómo éstas se transmiten a través del mismo. El análisis calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción que se producen sobre el modelo estudiado cuando se somete a la acción de cargas y a unas restricciones de movimiento. Sergio Gómez González (2010).

### **5.1.2. Estudio de frecuencia.**

Un sólido alterado de su posición de descanso tiende a vibrar con ciertas frecuencias denominadas naturales o resonantes. La frecuencia natural más baja se denomina frecuencia fundamental. Para cada frecuencia natural, el sólido adquiere una determinada forma denominada forma nodal. El análisis de frecuencia calcula estas frecuencias naturales y las formas modales asociadas. Nos ayuda a evitar que el modelo entre en resonancia por el rediseño de la geometría, las propiedades del material y las condiciones de restricciones establecidas.

Se denomina frecuencia de resonancia a aquella frecuencia característica de un cuerpo o un sistema que alcanza el grado máximo de oscilación. Todo cuerpo o sistema tiene una, o varias, frecuencias características. Cuando un sistema es excitado a una de sus frecuencias características, su vibración es la máxima posible. El aumento de vibración se produce porque a estas frecuencias el sistema entra en resonancia.

Cuando un sistema físico se somete a un estímulo, parte de la energía pasa al mismo. Si el aporte de energía se hace a una frecuencia determinada, la tasa de absorción es la máxima posible. Esto puede dar lugar a la inestabilidad en el sistema, o simplemente a la ruptura en algún punto del mismo.

Material:

En primer lugar, habría que definir el material de la pieza, si no se le había seleccionado previamente en algún otro paso.

Sujeciones:

Permiten definir la forma en la que el modelo de pieza o ensamblaje se va a comportar en sus desplazamientos después de que alguna carga actúe sobre él. Las sujeciones son necesarias para evitar que los modelos de piezas se desplacen o giren al aplicarse cargas. Hay que recordar que todo sólido rígido tiene 3 modos de traslación y rotación.

SolidWorks dispone de dos tipos de sujeciones: Estándar (Geometría fija, rodillo y bisagra fija) y Avanzada (Simetría circular, geometría de referencia, sobre caras planas, sobre caras cilíndricas y sobre caras esféricas)

Para las sujeciones en los estudios de los platos se va a utilizar la restricción avanzada sobre caras cilíndricas, por igualdad con la sujeción real de los platos. Para el parche se aplica una sujeción estándar de geometría fija sobre el contorno exterior.

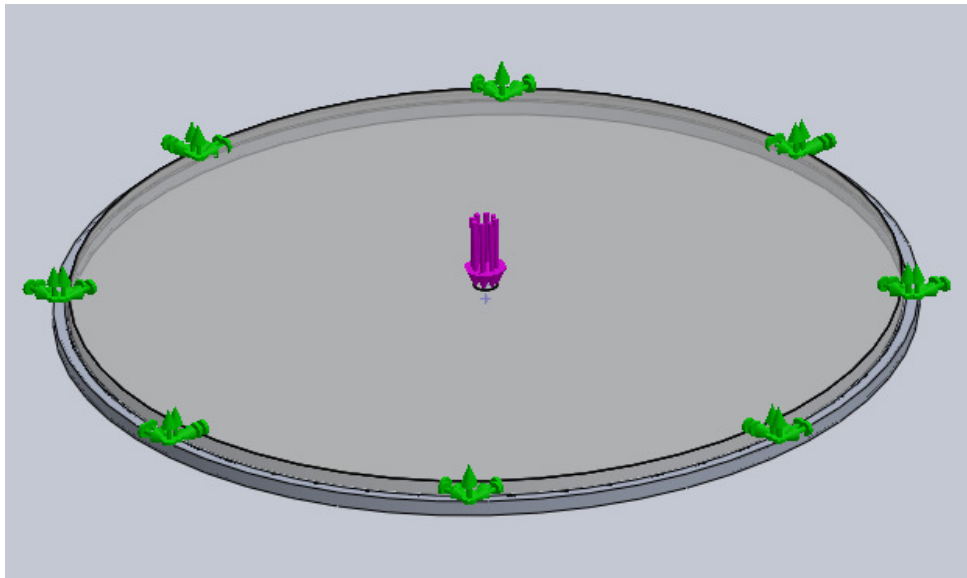
#### Cargas externas:

Tras aplicar el tipo y el lugar donde se aplica la sujeción, llega el momento de aplicar las cargas externas a las que está sometido el modelo.

Los diferentes tipos de carga que pueden definirse en un ensayo son: Fuerza, torsión, presión, gravedad, centrífuga, carga de apoyo y temperatura. En este caso, tanto al parche como a los platos se le aplica una fuerza de impacto al golpearlos con las baquetas.

La fuerza se puede aplicar sobre un vértice, arista o cara. Se seleccionan las unidades y el valor de la fuerza a aplicar y su dirección

Tanto sujeciones como fuerzas aparecen representadas sobre el modelo mediante flechas de distinto color, como se puede ver sobre el parche.



*Figura 60: Cargas y sujeciones que actúan sobre el parche*

#### Contactos:

Cuando se realiza un estudio en el que participan varias piezas de un ensamblaje deben definirse las condiciones de contacto para indicar la forma en la que se produce la interacción entre los contornos de cada una de ellas.

#### Mallado:

Con las sujeciones y las cargas aplicadas, después se crea la malla. Es una de las etapas más importantes en la realización de la simulación numérica por ordenador. El mallado es una operación que divide el modelo en porciones más pequeñas denominadas elementos que a su vez se encuentran conectados entre ellos mediante nodos.

SolidWorks Simulation trabaja con tres tipos de malla: malla sólida, malla de vaciado y una combinación de ambas, la malla mixta. En este caso se utiliza un mallado sólido.

Ejecutar:

Por último, y si no aparece algún error, se realiza la opción de ejecutar para empezar con el análisis. Cuando concluye el análisis se pueden visualizar los resultados obtenidos los cuales dependerán del tipo de estudio que se hay realizado.

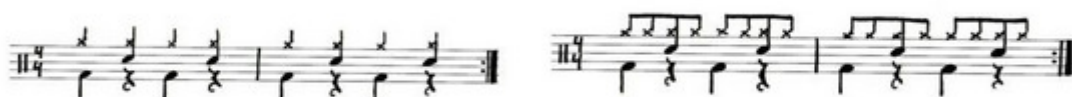
## **5.2. Grabación en vídeo del baterista.**

Previamente a realizar la grabación en vídeo para el análisis ergonómico, se han preparado los ritmos y temas que se van a interpretar a la hora de la grabación. Se ha colocado la batería dentro del local de ensayo, en una zona iluminada, la cámara se ha colocado a la derecha de la batería sobre un trípode plegable orientada en un plano paralelo a la espada recta del baterista, consiguiéndose imágenes laterales para poder ver la altura de los brazos, el giro o inclinación de las espaldas... En fin, los parámetros necesarios para realizar el estudio ergonómico. A partir de la posición de la cámara se puede obtener imágenes como la que se puede ver a continuación.



*Figura 61: Captura del video del baterista*

Se han realizado 8 grabaciones distintas. Las cuatro primeras con un ritmo básico pero realizado sobre diferentes elementos (Hi-hat, ride, crash y tom base). El quinto es un ritmo con timbales y el sexto un ritmo mixto donde se mezclan los ritmos anteriores. Por último se han grabado dos canciones completas donde aparecen ritmos diversos y donde se podrían adoptar posturas forzadas.



*Figura 62: Partituras seguidas en los 4 primeros ritmos*

Una vez que ya se tienen las grabaciones de los diferentes ritmos o patrones en el ordenador, pasamos a realizar el análisis ergonómico mediante el método OWAS.

### **5.3. Método OWAS.**

#### **5.3.1. Fundamento teórico.**

El método consiste en la evaluación del riesgo de carga postural en términos de frecuencia y gravedad; se basa en la clasificación simple y sistemática de las posturas de trabajo analiza el efecto combinado de fuerza, frecuencia y porcentaje de acción sobre los segmentos corporales [11].

En ocasiones, podemos encontrarnos con programas de intervención ergonómica que no estén bien diseñados como consecuencia de que no se utilizaron las metodologías idóneas para evaluar el riesgo de sufrir trastornos músculo-esqueléticos.

En el análisis de puestos de trabajo que conllevan la adopción de posturas forzadas surge con frecuencia la duda, más que razonable, de qué método de evaluación utilizar ante la enorme oferta de metodologías disponibles para analizar la carga física.

Por este motivo, en primer lugar, es conveniente definir claramente: cuándo un puesto de trabajo tiene riesgo por posturas forzadas. En el ámbito laboral se definen las “posturas forzadas” como aquellas posiciones de trabajo que supongan que una o varias regiones anatómicas dejan de estar en una posición natural o de confort para pasar a una posición que genera un cierto estrés postural. Estas posturas estresoras ,si se dan con cierta intensidad y duración durante la jornada laboral pueden causar lesiones por sobre esfuerzo.

Conviene por tanto no confundir la clasificación de: ”posturas forzadas”, con otras formas de carga física como: “manipulación de cargas”, “movimientos repetitivos” o “posturas estáticas “ ya que; aún cuando, en algunas situaciones laborales el tipo de lesiones que puedan provocarse por esas otras formas de carga física sean similares, la naturaleza de los factores de riesgo a analizar son muy diferentes. Tanto que condiciona el hecho de que los métodos de análisis a utilizar en cada caso deban ser diferentes también.

El método OWAS (Ovako Working Analysis System) fue propuesto por los autores finlandeses Osmo Karhu, Pekka Kansu y Liikka Kuorinka (1977) bajo el título "Correcting working postures in industry: A practical method for analysis." ("Corrección de las posturas de trabajo en la industria: un método práctico para el análisis") y publicado en la revista especializada "Applied Ergonomics".

La colaboración de ingenieros dedicados al estudio del trabajo en el sector del acero finlandés, de trabajadores de dicha industria y de un grupo de ergónomos, permitió a los autores obtener conclusiones válidas y extrapolables del análisis realizado, quedando dichas conclusiones reflejadas en la propuesta del método OWAS.

El método OWAS, tal y como afirman sus autores, es un método sencillo y útil destinado al análisis ergonómico de la carga postural. Su aplicación, proporciona buenos resultados, tanto en la mejora de la comodidad de los puestos, como en el aumento de la calidad, consecuencia ésta última de las mejoras aplicadas.

En la actualidad, un gran número de estudios avalan los resultados proporcionados por el método, siendo dichos estudios, de ámbitos laborales tan dispares como la medicina, la industria petrolífera o la agricultura entre otros, y sus autores, de perfiles tan variados como ergónomos, médicos o ingenieros de producción.

Por otra parte, las propuestas informáticas para el cálculo de la carga postural, basadas en los fundamentos teóricos del método OWAS original (la primera versión fue presentada por los autores Kivi y Mattila en 1991), han favorecido su consolidación como "método de carga postural por excelencia".

### **5.3.2. Aplicación del método.**

El método OWAS basa sus resultados en la observación de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador, en este caso del músico, durante el desarrollo de la tarea, permitiendo identificar hasta 252 posiciones diferentes como resultado de las posibles combinaciones de la posición de la espalda (4 posiciones), brazos (3 posiciones), piernas (7 posiciones) y carga levantada (3 intervalos).

La primera parte del método, de toma de datos o registro de posiciones, puede realizarse mediante la observación "in situ" del trabajador, el análisis de fotografías, o la visualización de vídeos de la actividad tomados con anterioridad. En este caso se va a realizar mediante la visualización de vídeos.

Una vez realizada la observación el método codifica las posturas recopiladas. A cada postura le asigna un código identificativo, es decir, establece una relación unívoca entre la postura y su código. El término "Código de postura" será utilizado en adelante para designar dicha relación. En función del riesgo o incomodidad que representa una postura para el trabajador, el método OWAS distingue cuatro Niveles o "Categorías de riesgo" que enumera en orden ascendente, siendo, por tanto, la de valor 1 la de menor riesgo y la de valor 4 la de mayor riesgo. Para cada Categoría de riesgo el método establecerá una propuesta de acción, indicando en cada caso la necesidad o no de rediseño de la postura y su urgencia.

Así pues, realizada la codificación, el método determina la Categoría de riesgo de cada postura, reflejo de la incomodidad que supone para el trabajador. Posteriormente, evalúa el riesgo o incomodidad para cada parte del cuerpo (espalda, brazos y piernas) asignando, en función de la frecuencia relativa de cada posición, una Categoría de riesgo de cada parte del cuerpo. Finalmente, el análisis de las Categorías de riesgo calculadas para las posturas observadas y para las distintas partes del cuerpo, permitirá identificar las posturas y posiciones más críticas, así como las acciones correctivas necesarias para mejorar el puesto, definiendo, de esta forma, una guía de actuaciones para el rediseño de la tarea evaluada.

El método OWAS presenta una limitación a señalar. El método permite la identificación de una serie de posiciones básicas de espalda, brazos y piernas, que codifica en cada "Código de postura", sin embargo, no permite el estudio detallado de la gravedad de cada posición. Por ejemplo, el método identifica si el trabajador realiza su tarea con las rodillas flexionadas o no, pero no permite diferenciar entre varios grados de flexión. Dos posturas con idéntica codificación podrían variar en cuanto a grado de flexión de las piernas, y como consecuencia en cuanto a nivel de incomodidad para el trabajador. Por tanto, una vez identificadas las posturas críticas mediante el método OWAS, la aplicación complementaria de métodos de mayor concreción, en cuanto a la clasificación de la gravedad de las diferentes posiciones, podría ayudar al evaluador a profundizar sobre los resultados obtenidos.



El procedimiento de aplicación del método es, en resumen, el siguiente:

1. Determinar si la observación de la tarea debe ser dividida en varias fases o etapas, con el fin de facilitar la observación (Evaluación Simple o Multi-fase).
2. Establecer el tiempo total de observación de la tarea (entre 20 y 40 minutos).
3. Determinar la duración de los intervalos de tiempo en que se dividirá la observación (el método propone intervalos de tiempo entre 30 y 60 segundos.) en este caso se van a aplicar tiempos de 5 segundos para los ritmos y de 10 segundos para las canciones.
4. Identificar, durante la observación de la tarea o fase, las diferentes posturas que adopta el trabajador. Para cada postura, determinar la posición de la espalda, los brazos y piernas, así como la carga levantada.
5. Codificar las posturas observadas, asignando a cada posición y carga los valores de los dígitos que configuran su "Código de postura" identificativo.
6. Calcular para cada "Código de postura", la Categoría de riesgo a la que pertenece, con el fin de identificar aquellas posturas críticas o de mayor nivel de riesgo para el trabajador. El cálculo del porcentaje de posturas catalogadas en cada categoría de riesgo, puede resultar de gran utilidad para la determinación de dichas posturas críticas.
7. Calcular el porcentaje de repeticiones o frecuencia relativa de cada posición de la espalda, brazos y piernas con respecto a las demás. (Nota: el método OWAS no permite calcular el riesgo asociado a la frecuencia relativa de las cargas levantadas, sin embargo, su cálculo puede orientar al evaluador sobre la necesidad de realizar un estudio complementario del levantamiento de cargas) .
8. Determinar, en función de la frecuencia relativa de cada posición, la Categoría de riesgo a la que pertenece cada posición de las distintas partes del cuerpo (espalda, brazos y piernas), con el fin de identificar aquellas que presentan una actividad más crítica.
9. Determinar, en función de los riesgos calculados, las acciones correctivas y de rediseño necesarias.
10. En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la tarea con el método OWAS para comprobar la efectividad de la mejora.

El método comienza con la recopilación, previa observación, de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea. Cabe destacar que cuanto mayor sea el número de posturas observadas menor será el posible error introducido por el observador (se estima que con 100 observaciones se introduce un error del 10%, mientras que para 400 el posible error queda reducido aproximadamente a la mitad 5%).

El método asigna cuatro dígitos a cada postura observada en función de la posición de la espalda, los brazos, las piernas y de la carga soportada, configurando de este modo su código identificativo o "Código de postura".

Para aquellas observaciones divididas en fases, el método añade un quinto dígito al "Código de postura", dicho dígito determina la fase en la que ha sido observada la postura codificada.

Posición de la Espalda	Posición de los Brazos	Posición de las Piernas	Cargas
------------------------	------------------------	-------------------------	--------

A continuación se detalla la forma de codificación y clasificación de las posturas propuesta por el método:

- Posiciones de la espalda: Primer dígito del "Código de postura":

El primer miembro a codificar será la espalda. Para establecer el valor del dígito que lo representa se deberá determinar si la posición adoptada por la espalda es derecha, doblada, con giro o doblada con giro. El valor del primer dígito del "Código de postura" se obtendrá consultado la tabla que se muestra a continuación .






Posición de espalda		Primer dígito del Código de postura.
<p><b>Espalda derecha</b></p> <p>El eje del tronco del trabajador está alineado con el eje caderas-piernas.</p>		1
<p><b>Espalda doblada</b></p> <p>Existe flexión del tronco. Aunque el método no explicita a partir de qué ángulo se da esta circunstancia, puede considerarse que ocurre para inclinaciones mayores de 20° ( Mattila et al., 1999).</p>		2
<p><b>Espalda con giro</b></p> <p>Existe torsión del tronco o inclinación lateral superior a 20°.</p>		3
<p><b>Espalda doblada con giro</b></p> <p>Existe flexión del tronco y giro (o inclinación) de forma simultánea.</p>		4

Tabla 6: Posición de espalda

- Posiciones de los brazos: Segundo dígito del "Código de postura":

Seguidamente, será analizada la posición de los brazos. El valor del segundo dígito del "Código de postura" será 1 si los dos brazos están bajos, 2 si uno está bajo y el otro elevado y, finalmente, 3 si los dos brazos están elevados, tal y como muestra la siguiente tabla de codificación.

Posición de los brazos	Segundo dígito del Código de postura.
<p><b>Los dos brazos bajos</b></p> <p>Ambos brazos del trabajador están situados bajo el nivel de los hombros.</p>	 <p>1</p>
<p><b>Un brazo bajo y el otro elevado</b></p> <p>Un brazo del trabajador está situado bajo el nivel de los hombros y el otro, o parte del otro, está situado por encima del nivel de los hombros.</p>	 <p>2</p>
<p><b>Los dos brazos elevados</b></p> <p>Ambos brazos (o parte de los brazos) del trabajador están situados por encima del nivel de los hombros.</p>	 <p>3</p>

*Tabla 7: Posición de los brazos*

- Posiciones de las piernas: Tercer dígito del "Código de postura":

Con la codificación de la posición de las piernas, se completarán los tres primeros dígitos del "Código de postura" que identifican las partes del cuerpo analizadas por el método. La Tabla 8 proporciona el valor del dígito asociado a las piernas, considerando como relevantes 7 posiciones diferentes.








Posición de las piernas		Tercer dígito del Código de postura.
Sentado		1
De pie con las dos piernas rectas con el peso equilibrado entre ambas		2
De pie con una pierna recta y la otra flexionada con el peso desequilibrado entre ambas		3
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso equilibrado entre ambas  Aunque el método no explicita a partir de qué ángulo se da esta circunstancia, puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° ( Mattila et al., 1999). Ángulos mayores serán considerados piernas rectas.		4
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso desequilibrado entre ambas  Puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° ( Mattila et al., 1999). Ángulos mayores serán considerados piernas rectas.		5
Arrodillado  El trabajador apoya una o las dos rodillas en el suelo.		6
Andando		7

Tabla 8: Posición de las piernas

- Cargas y fuerzas soportadas: Cuarto dígito del "Código de postura":

Finalmente, se deberá determinar a qué rango de cargas, de entre los tres propuestos por el método, pertenece la que el trabajador levanta cuando adopta la postura. La consulta de la Tabla 9 permitirá al evaluador asignar el cuarto dígito del código en configuración, finalizando en este punto la codificación de la postura para estudios de una sola tarea (evaluación simple).

Cargas y fuerzas soportadas	Cuarto dígito del Código de postura.
Menos de 10 Kilogramos.	1
Entre 10 y 20 Kilogramos	2
Mas de 20 kilogramos	3

*Tabla 9: Cargas soportadas*

- Codificación de fase: Quinto dígito del "Código de postura":

El quinto dígito del "Código de postura", identifica la fase en la que se ha observado la postura, por lo tanto, este valor sólo tendrá sentido para aquellas observaciones en la que el evaluador, normalmente por motivos de claridad y simplificación, decide dividir la tarea objeto de estudio en más de una fase, es decir, para evaluaciones de tipo "Multi-fase". El método original, no establece valores concretos para el dígito de la fase, así pues, será el criterio del evaluador el que determine dichos valores.

Fase	Quinto dígito del Código de postura.	
	Codificación alfanumérica	Codificación numérica
Colocación de azulejos en horizontal	FAH	1
Colocación de azulejos en vertical	FAV	2
Colocación de baldosas en horizontal	FBH	3

*Tabla 10: Fases observadas*

Una vez realizada la codificación de todas las posturas recopiladas se procederá a la fase de clasificación por riesgos:

- Categorías de riesgo:

El método clasifica los diferentes códigos en cuatro niveles o Categorías de riesgo. Cada Categoría de riesgo, a su vez, determina cuál es el posible efecto sobre el sistema músculo-esquelético del trabajador de cada postura recopilada, así como la acción correctiva a considerar en cada caso.



Categoría de Riesgo	Efectos sobre el sistema músculo-esquelético	Acción correctiva
1	Postura normal sin efectos dañinos en el sistema músculo-esquelético.	No requiere acción
2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas lo antes posible.
4	La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente.

Tabla 11: Categoría de riesgo

Finalizada la fase de codificación de las posturas y conocidas las posibles categorías de riesgo propuestas por el método, se procederá a la asignación de la Categoría del riesgo correspondiente a cada "Código de postura". La tabla 12 muestra la Categoría de riesgo para cada posible combinación de la posición de la espalda, de los brazos, de las piernas y de la carga levantada.

		Piernas																				
		1			2			3			4			5			6			7		
		Carga			Carga			Carga			Carga			Carga			Carga			Carga		
Espalda	Brazos	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Tabla 12: Riesgo para cada posibilidad de combinación

Una vez calculada la categoría del riesgo para cada postura es posible un primer análisis. El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos hasta el momento permitirá la interpretación de los valores del riesgo. Sin embargo, el método no se limita a la clasificación de las posturas según el riesgo que representan sobre el sistema músculo-esquelético, también contempla el análisis de las frecuencias relativas de las diferentes posiciones de la espalda, brazos y piernas que han sido observadas y registradas en cada "Código de postura". Por tanto, se deberá calcular el número de veces que se repite cada posición de espalda, brazos y piernas en relación a las demás durante el tiempo total de la observación, es decir, su frecuencia relativa.

Una vez realizado dicho cálculo y como último paso de la aplicación del método, la consulta de la tabla 13 determinará la Categoría de riesgo en la que se engloba cada posición.

	ESPALDA										
Espalda derecha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Espalda doblada	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
Espalda con giro	3	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Espalda doblada con giro	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	BRAZOS										
Los dos brazos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Un brazo bajo y el otro elevado	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
Los dos brazos elevados	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
	PIERNAS										
Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
De pie	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Sobre pierna recta	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
Sobre rodillas flexionadas	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Sobre rodilla flexionada	5	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Arrodillado	6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Andando	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
<b>FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>		≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%

*Tabla 13: Clasificación de las categorías según su frecuencia relativa*

Los valores del riesgo calculados para cada posición permitirán al evaluador identificar aquellas partes del cuerpo que soportan una mayor incomodidad y proponer, finalmente, las acciones correctivas necesarias para el rediseño, en caso de ser necesario, de la tarea evaluada.

## **5.4. Método Check List OCRA**

### **5.4.1. Fundamento teórico.**

El Check List OCRA para la evaluación rápida del riesgo asociado a movimientos repetitivos de los miembros superiores fue propuesto por los autores Colombini D., Occhipinti E., Grieco A. (2000) en el libro "Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and exertions of upper limbs" (Evaluación y gestión del riesgo por movimientos y esfuerzos repetitivos) bajo el título "A check-list model for the quick evaluation of risk exposure (OCRA index)" .

El modelo o procedimiento Check List OCRA es el resultado de la simplificación del método OCRA "Occupational Repetitive Action". El método OCRA fue presentado, por los mismos autores, (1998) en la revista especializada "Ergonomics" con el título "OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs".

El método abreviado Check List OCRA permite, con menor esfuerzo, obtener un resultado básico de valoración del riesgo por movimientos repetitivos de los miembros superiores, previniendo sobre la urgencia de realizar estudios más detallados.

El método Check List OCRA tiene como objetivo alertar sobre posibles trastornos, principalmente de tipo músculo-esquelético (TME), derivados de una actividad repetitiva. Los TME suponen en la actualidad una de las principales causas de enfermedad profesional, de ahí la importancia de su detección y prevención.

El método Check List OCRA centra su estudio en los miembros superiores del cuerpo, permitiendo prevenir problemas tales como la tendinitis en el hombro, la tendinitis en la muñeca o el síndrome del túnel carpiano, descritos como los trastornos músculo-esqueléticos más frecuentes debidos a movimientos repetitivos.

El método evalúa, en primera instancia, el riesgo intrínseco de un puesto, es decir, el riesgo que implica la utilización del puesto independientemente de las características particulares del trabajador. El método obtiene, a partir del análisis de una serie de factores, un valor numérico denominado Índice Check List OCRA. Dependiendo de la puntuación obtenida para el Índice Check List OCRA el método clasifica el riesgo como Optimo, Aceptable, Muy Ligero, Ligero, Medio o Alto. Finalmente, en función del nivel de riesgo, el método sugiere una serie de acciones básicas, salvo en caso de riesgo Optimo o Aceptable en los que se considera que no son necesarias actuaciones sobre el puesto. Para el resto de casos el método propone acciones tales como realizar un nuevo análisis o mejora del puesto (riesgo Muy Ligero), o la necesidad de supervisión médica y entrenamiento para el trabajador que ocupa el puesto (riesgo Ligero, Medio o Alto).

El método también permite obtener el índice de riesgo asociado a un trabajador, para ello se parte del cálculo del Índice Check List OCRA del puesto, anteriormente descrito, siendo modificado en función del porcentaje real de ocupación del puesto por el trabajador.

Se proponen, además, cálculos adicionales que permiten obtener el riesgo global asociado a un conjunto de puestos y el índice de riesgo correspondiente a un trabajador que deba rotar entre diferentes puestos.

Es necesario remarcar el carácter meramente orientativo de los resultados proporcionados por el método Check List OCRA, advirtiendo que en ningún caso se deberán adoptar conclusiones y medidas correctivas definitivas en base a dichos valores.

#### **5.4.2. Aplicación del método.**

El método Check List OCRA evalúa el riesgo en función de los siguientes factores:

- La duración real o neta del movimiento repetitivo.
- Los periodos de recuperación o de descanso permitidos en el puesto.
- La frecuencia de las acciones requeridas.
- La duración y tipo de fuerza ejercida.
- La postura de los hombros, codos, muñeca y manos, adoptada durante la realización del movimiento.
- La existencia de factores adicionales de riesgo tales como la utilización de guantes, presencia de vibraciones, tareas de precisión, el ritmo de trabajo, etc..

Las principales características del método Check List OCRA son:

- Se trata de un método sencillo y rápido de aplicar.
  - Cerca de 60 opciones agrupadas en 5 factores completan el cuestionario.
  - La evaluación de un puesto con un ciclo de trabajo de unos 15 segundos puede realizarse en 3-4 minutos. Para un ciclo de 15 minutos, puede aproximarse a 30 minutos el tiempo de evaluación, incluyendo tareas adicionales de registro de la información (mapas de riesgo, software, videos, etc....).
- El método permite evaluar el riesgo asociado a un puesto, a un conjunto de puestos y por extensión el riesgo de exposición para un trabajador que ocupa un sólo puesto o bien que rota entre varios puestos.
- El método valora el riesgo en función del tiempo:
  - La valoración del riesgo debida a cada factor es proporcional al tiempo durante el cual dicho factor está presente en la actividad.
  - El método considera la duración del movimiento real o neta como un factor más de aumento o disminución del riesgo final.

- Para la evaluación del riesgo asociado a un trabajador el método considera el tiempo de ocupación real del puesto/s por el trabajador.
- Los resultados son concisos y de fácil interpretación:
  - El resultado final es un valor numérico, Índice Check List OCRA, que pertenece a uno de los 6 rangos de valores en los que el método organiza los posibles resultados. A cada rango de valores le corresponde una descripción del riesgo (Óptimo, Aceptable, Muy Ligero, Ligero, Medio, Alto) y una escueta recomendación de acción (No se requiere acción, Nuevo análisis o mejora del puesto, Mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento).
  - A cada factor evaluado se le otorga una puntuación o subíndice. El análisis de su aportación al riesgo o índice final puede orientar el enfoque de posteriores estudios del puesto.
- El método considera factores tales como la frecuencia, la fuerza o la postura, considerados relevantes por la mayoría de métodos que evalúan movimientos repetitivos (RULA, REBA, JSI,...) .
- Incluye en la evaluación factores adicionales como la utilización de guantes, el uso de herramientas con vibración, uso de herramientas que provocan compresiones en la piel, así como la importancia del ritmo determinado o no por la máquina.

Respecto a las limitaciones del método Check List OCRA cabe señalar:

- Su carácter preliminar no concluyente, y por tanto la dependencia de otros métodos más exhaustivos para el análisis del riesgo en profundidad.
- El método sugiere la posibilidad de asignar puntuaciones intermedias a los factores para los cuales no se encuentra descrita la situación concreta en estudio, siendo dichas puntuaciones subjetivas y dependientes del criterio del evaluador.
- Evalúa el riesgo de posturas forzadas únicamente de los miembros superiores, dejando fuera del análisis las posturas forzadas de la cabeza, el cuello, el tronco, las piernas, etc...
- En las evaluaciones de los factores adicionales (guantes, vibraciones, compresión, precisión...) permite seleccionar un único factor, el más significativo, perdiéndose información y concreción del riesgo al coincidir varias de dichas circunstancias.
- El método está orientado hacia la evaluación de puestos ocupados durante un máximo de 8 horas (480 minutos).



- Si la ocupación es de más de 8 horas la "fiabilidad" del resultado se ve afectada al incrementarse el riesgo en la misma proporción para 9 horas de trabajo, que para 12 horas, 13 horas, etc...
- Las posibles opciones planteadas por el método respecto a los periodos de recuperación hacen referencia a movimientos de entre 6 y 8 horas de duración como máximo.
- El método no clasifica el riesgo para las puntuaciones intermedias otorgadas a los diferentes factores. El análisis complementario de la importancia de cada factor se reduce a la comparación subjetiva de los resultados parciales entre sí y con respecto al índice final.
- El método valora la fuerza únicamente si ésta se ejerce cada pocos ciclos y está presente durante todo el movimiento repetitivo. De esta forma, el riesgo asociado al manejo puntual de cargas requerido por un puesto no quedaría convenientemente reflejado en la valoración final riesgo.
- Para resultados del Índice Check List OCRA menores o iguales a 5 el método establece que el riesgo es Óptimo y para valores de entre 5 y 7,5 considera el riesgo Aceptable. En ambos casos señala que no es necesaria acción alguna. Sin embargo, la existencia de factores con puntuaciones distintas a cero, es decir con presencia de riesgo, podrían interpretarse como aspectos a mejorar del puesto, acción ésta siempre recomendable.

### **Formas de aplicación.**

Los diferentes escenarios de aplicación del método Check List OCRA determinarán en cada caso los pasos necesarios para la valoración del riesgo.

La exposición del método se organizará en base a los siguientes casos de evaluación, ordenados de menor a mayor "complejidad" respecto a los cálculos necesarios:

- Evaluación del riesgo intrínseco de un puesto.
- Evaluación del riesgo asociado a un trabajador que ocupa un único puesto.
- Evaluación del riesgo intrínseco asociado a un conjunto de puestos.
- Evaluación del riesgo asociado a un trabajador que rota entre un conjunto de puestos (que comprende 2 posibles casos).
  - El trabajador cambia de puesto al menos una vez cada hora.
  - El trabajador cambia de puesto menos de una vez cada hora.

Se va a describir a continuación el método destinado a la evaluación del riesgo intrínseco de un único puesto, ya que de cara al baterista se mantiene solo en un único puesto.

Evaluación del riesgo intrínseco de un único puesto:

El método Check List OCRA describe el riesgo intrínseco de un puesto en base a un único valor numérico llamado Índice Check List OCRA, dicho valor es el resultado de la suma de una serie de factores (factor de recuperación, frecuencia, fuerza, postura y factores adicionales) posteriormente modificada por la duración real del movimiento (multiplicador de duración).

La siguiente fórmula ilustra el cálculo necesario para la obtención del Índice Check List OCRA de un puesto:

$$\text{Índice Check List OCRA} = \left( \text{Factor de recuperación} + \text{Factor de frecuencia} + \text{Factor de fuerza} + \text{Factor de postura} + \text{Factores adicionales} \right) \times \text{Multiplicador de duración}$$

*Formula 2: Formula de obtención del índice OCRA de un puesto.*

El procedimiento de obtención del Índice Check List OCRA de un puesto consta de los siguientes pasos:

- Evaluación de la duración neta del movimiento repetitivo y de la duración neta del ciclo:

El método plantea un pequeño análisis previo a la evaluación del riesgo, con el fin de determinar la Duración real o neta del movimiento repetitivo y la Duración neta del ciclo de trabajo.

La determinación de la duración neta del movimiento será posteriormente utilizada para corregir, si fuera necesario, el Índice de riesgo Check List OCRA obtenido a partir de los factores de recuperación, frecuencia, fuerza, postura y adicionales.

La siguiente tabla muestra los datos solicitados por el método para la evaluación de la duración neta del movimiento repetitivo y del ciclo de trabajo:

Descripción		Minutos
Duración total del movimiento	oficial	
	real	
Pausas oficiales	contractual	
Otras pausas		
Almuerzo	oficial	
	real	
Tareas no repetitivas	oficial	
	real	
DURACIÓN NETA DE LA/S TAREA/S REPETITIVAS		
Nº de unidades (o ciclos)	Previstos	
	Reales	
DURACIÓN NETA DEL CICLO (seg.)		
DURACIÓN DEL CICLO OBSERVADO (seg.)		

*Tabla 14: evaluación de la duración neta de la tarea y del ciclo*

A partir de la información recopilada en la tabla anterior es posible determinar la duración neta del movimiento repetido, como:

<b>DURACIÓN NETA DE LA/S TAREA/S REPETITIVAS (min.)</b>	<b>Duración total del movimiento</b>
=	- Pausas oficiales
	- Otras pausas
	- Almuerzo
	- Tareas no repetitivas

*Tabla 15: duración neta del movimiento*

La siguiente fórmula muestra el cálculo para la obtención de la duración neta del ciclo de trabajo en segundos:

$$\text{DURACIÓN NETA DEL CICLO (seg.)} = \frac{\text{DURACIÓN NETA DE LA/S TAREA/S REPETITIVAS (min.)} \cdot 60}{\text{N}^\circ \text{ de unidades (o ciclos)}}$$

*Formula 3: duración neta del ciclo de trabajo*

Para finalizar este apartado, el método recomienda comparar la Duración neta del ciclo con la Duración del ciclo observada, estableciendo que si dichos valores son similares es posible iniciar la evaluación del riesgo. En otro caso, se debería describir las circunstancias concretas causantes de dicha desviación antes de proseguir con la evaluación.

Una vez finalizada la evaluación preliminar de la Duración neta del movimiento repetitivo y del ciclo de trabajo se detalla la obtención de cada uno de los elementos de la fórmula descrita con anterioridad (Formula 2) para el cálculo de Índice Check List OCRA:

- Factor de recuperación:

El factor de recuperación representa el riesgo asociado a la distribución inadecuada de los periodos de recuperación.

Periodo de recuperación: periodo durante el cual uno o varios grupos musculares implicados en el movimiento permanecen totalmente en reposo, tales como los descansos para el almuerzo, las tareas de control visual, las pausas en el trabajo (oficiales o no), las tareas que permiten el reposo de los grupos de músculos utilizados en tareas anteriores (empujar objetos alternativamente con un brazo y otro), etc...

La frecuencia de los perdidos de recuperación, su duración y distribución en la tarea repetitiva, determinarán el riesgo debido a la falta de reposo y por consecuencia al aumento de la fatiga.

El método considera como situación óptima aquella en la cual "existe una interrupción de al menos 8/10 minutos cada hora o el periodo de recuperación está incluido en el ciclo", es decir, la proporción entre trabajo repetitivo y recuperación es de 50 minuto de tarea repetitiva por cada 10 minutos de recuperación (5(trabajo):1(recuperación)).

Cabe resaltar que la puntuación asignada al factor de recuperación depende de la duración total del movimiento, en contraposición al resto de factores cuya puntuación depende del tiempo empleado en la realización de la actividad concreta descrita por el factor.

La tabla 16 muestra las puntuaciones para el factor de recuperación según las pausas y/o descansos existentes durante la duración total del movimiento, pudiéndose seleccionar una única de las opciones propuestas.

Si no se encontrara descrita la circunstancia exacta en estudio el método plantea dos alternativas (válidas para el resto de factores):

1. Utilización de puntuaciones intermedias, respecto a las propuestas en la tabla 3 si de esta forma quedara mejor descrita la situación real en estudio.
2. Selección de la opción más aproximada a la situación real (el evaluador deberá valorar posteriormente el resultado considerando la aproximación realizada).

Factor de recuperación	Puntos
Existe una interrupción de al menos 8/10 minutos cada hora (contando el descanso del almuerzo) o el periodo de recuperación está incluido en el ciclo.	0
Existen 2 interrupciones por la mañana y 2 por la tarde (además del descanso del almuerzo) de al menos 7-10 minutos para un movimiento de 7-8 horas; o bien existen 4 interrupciones del movimiento (además del descanso del almuerzo); o cuatro interrupciones de 8-10 minutos en un movimiento de 7-8 horas; o bien al menos 4 interrupciones por movimiento (además del descanso del almuerzo); o bien 4 interrupciones de 8/10 minutos en un movimiento de 6 horas.	2
Existen 2 pausas, de al menos 8-10 minutos cada una para un movimiento de 6 horas (sin descanso para el almuerzo); o bien existen 3 pausas, además del descanso para el almuerzo, en un movimiento de 7-8 horas.	3
Existen 2 pausas, además del descanso para almorzar, de entre 8 y 10 minutos cada una para un movimiento de entre 7 y 8 horas (o 3 pausas sin descanso para almorzar); o 1 pausa de al menos 8-10 minutos en un movimiento de 6 horas.	4
Existe una única pausa, de al menos 10 minutos, en un movimiento de 7 horas sin descanso para almorzar; o en 8 horas sólo existe el descanso para almorzar (el descanso del almuerzo se incluye en las horas de trabajo).	6
No existen pausas reales, excepto de unos pocos minutos (menos de 5) en 7-8 horas de movimiento.	10

*Tabla 16: Puntuación del factor de recuperación*

- Factor de frecuencia:

El método describe la frecuencia de trabajo en términos de acciones técnicas realizadas por minuto:

Acción técnica: movimiento o movimientos necesarios para completar una operación simple con implicación de una o varias articulaciones de los miembros superiores. Se consideran acciones técnicas: mover objetos, alcanzar objetos, coger un objeto con la mano o los dedos, pasar un objeto de la mano derecha a la izquierda y viceversa, colocar un objeto o herramienta en un lugar determinado para realizar una actividad, empujar o tirar un objeto con requerimiento de fuerza, apretar botones o palancas con la mano o los dedos para activar una herramienta, doblar, cepillar, rotar, etc...

El método divide las opciones de la lista de validación para el factor frecuencia en dos grupos, según se trate de acciones técnicas dinámicas (sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos activos de corta duración) o estáticas (contracción de los músculos continua y mantenida durante un cierto período de tiempo).

Pasos para la obtención de la puntuación del factor de frecuencia:

1. Si sólo las acciones dinámicas son significativas la puntuación del factor de frecuencia será igual a la puntuación de la opción seleccionada en la tabla de acciones técnicas dinámicas (tabla 4) .
2. Si es posible seleccionar una opción de la tabla de acciones técnicas dinámicas (tabla 17) y de la tabla de acciones estáticas (tabla 18), la puntuación final del factor de frecuencia será la mayor de ellas.

Para ambos tipos de acciones (dinámicas y estáticas), si la circunstancia concreta en estudio no se encontrara reflejada en la tabla se deberá seleccionar la opción más aproximada con mayor puntuación del riesgo, o bien otorgar puntuaciones intermedias de entre las propuestas (con una puntuación máxima permitida para el factor de frecuencia de hasta 10 puntos).

ACCIONES TÉCNICAS DINÁMICAS	Puntos
Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes.	0
Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	1
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	3
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	4
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 50 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	6
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 60 acciones/minuto). La carencia de pausas dificulta el mantenimiento del ritmo.	8
Los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta (70 acciones/minuto o más). No se permite bajo ningún concepto las pausas.	10

*Tabla 17: Puntuación del factor de frecuencias para acciones técnicas dinámicas*

ACCIONES TÉCNICAS ESTÁTICAS	Puntos
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	2,5
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas durante 3/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	4,5

*Tabla 18: Puntuación del factor de frecuencia para acciones técnicas estáticas*



- Factor de fuerza:

El método considera significativo el factor de fuerza únicamente si se ejerce fuerza con los brazos y/o manos al menos una vez cada pocos ciclos. Además, la aplicación de dicha fuerza debe estar presente durante todo el movimiento repetitivo.

Las opciones propuestas por el método describen algunas de las acciones más comunes con requerimiento de fuerza, tales como empujar palancas, pulsar botones, cerrar o abrir, manejar o apretar componentes, la utilización de herramientas o elevar o sujetar objetos.

Acciones
Es necesario empujar o tirar de palancas.
Es necesario pulsar botones.
Es necesario cerrar o abrir.
Es necesario manejar o apretar componentes.
Es necesario utilizar herramientas.
Es necesario elevar o sujetar objetos

*Tabla 19: Acciones más comunes*

Cualquiera de estas acciones es puntuada en función de la intensidad de la fuerza requerida y su duración total.

El método clasifica la fuerza en tres niveles según la intensidad del esfuerzo requerido.

Para obtener la puntuación del factor de fuerza se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Selección de una o varias acciones de entre las descritas en la tabla anterior.
2. Determinación de la intensidad del esfuerzo según la Tabla 20.
3. En función de la intensidad del esfuerzo obtener la puntuación de las siguientes tablas: para fuerza moderada (3-4 puntos en la escala de Borg) consultar la Tabla 21, para fuerza intensa (5-6-7 puntos en la escala de Borg) consultar la Tabla 22 y para fuerza máxima (8 o más puntos en la escala de Borg) consultar la Tabla 23.
4. Suma de las puntuaciones obtenidas para las acciones y duraciones seleccionadas.

Intensidad del esfuerzo	Escala de Borg CR-10
Ligero	$\leq 2$
Un poco duro	3
Duro	4-5
Muy duro	6-7
Cercano al máximo	$> 7$

*Tabla 20: Escala de Borg CR-10*

A continuación se muestran las tablas de puntuación del factor de fuerza según la intensidad de la fuerza:

<b>Fuerza moderada (3-4 puntos en la escala de Borg).</b>	
<b>Duración</b>	<b>Puntos</b>
1/3 del tiempo.	2
Más o menos la mitad del tiempo.	4
Más de la mitad del tiempo.	6
Casi todo el tiempo.	8

*Tabla 21: Puntuación del factor de fuerza con fuerza moderada*

<b>Fuerza intensa (5-6-7 puntos en la escala de Borg).</b>	
<b>Duración</b>	<b>Puntos</b>
2 segundos cada 10 minutos	4
1% del tiempo	8
5% del tiempo	16
más del 10% del tiempo	24

*Tabla 22: Puntuación del factor de fuerza con fuerza intensa*

<b>Fuerza casi máxima (8 puntos o más en la escala de Borg).</b>	
<b>Duración</b>	<b>Puntos</b>
2 segundos cada 10 minutos	6
1% del tiempo	12
5% del tiempo	24
más del 10% del tiempo	32

*Tabla 23: Puntuación del factor de fuerza con fuerza casi máxima*

Si ninguna de las acciones propuestas reflejaran la circunstancia concreta en estudio, el método permite indicar nuevas acciones. La puntuación de dichas acciones será igual a las descritas en el método y dependerá únicamente de su duración. El método también permite asignar puntuaciones intermedias para reflejar mejor la duración real del esfuerzo.

- Factor de postura:

La valoración del riesgo asociado a la postura se realiza evaluando la posición del hombro, del codo, de la muñeca y de las manos.

El método incrementa el riesgo debido a la postura si existen movimientos estereotipados o bien todas las acciones implican a los miembros superiores y la duración del ciclo es corta.

Para la obtención del factor postural se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Selección de una única opción para cada grupo corporal: hombro, codo, muñeca y manos.
2. Puntuación de la opción seleccionada para cada grupo: Puntuación del hombro, codo, muñeca y manos.
3. Obtención del valor máximo de las puntuaciones del hombro, codo, muñeca y manos.
4. Si existen movimientos estereotipados: selección de la opción correspondiente y suma de su puntuación al valor máximo de las puntuaciones del hombro, codo, muñeca y manos.

La siguiente expresión resume el cálculo del factor de postura:

$$\text{Factor de postura} = \text{MÁXIMO (Puntuación hombro, Puntuación codo, Puntuación muñeca, Puntuación manos)} + \text{Puntuación por movimientos estereotipados.}$$

*Fórmula 4: Factor de postura*

A continuación se muestran las tablas de puntuación correspondientes a cada grupo corporal:

HOMBRO	Puntos
<i>Si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza se duplicarán las puntuaciones.</i>	
El brazo/s no posee apoyo y permanece ligeramente elevado algo más de la mitad el tiempo.	1
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 10% del tiempo.	2
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 1/3 del tiempo.	6
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte más de la mitad del tiempo.	12
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte todo el tiempo.	24

*Tabla 24: Puntuación del factor de postura para el Hombro.*

CODO	Puntos
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) al menos un tercio del tiempo.	2
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) más de la mitad del tiempo.	4
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) casi todo el tiempo.	8

*Tabla 25: Puntuación del factor de postura para el Codo.*

MUÑECA	Puntos
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) al menos 1/3 del tiempo.	2
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) más de la mitad del tiempo.	4
La muñeca permanece doblada en una posición extrema, todo el tiempo.	8

*Tabla 26: Puntuación del factor de postura para la Muñeca.*

Si se realizan agarres de objetos de cualquiera de los tipos indicados en la tabla 27 se asignará la puntuación en función de la duración del agarre. La puntuación a asignar se indica en la tabla 28.

AGARRE
Los dedos están apretados (agarre en pinza o pellizco).
La mano está casi abierta (agarre con la palma de la mano).
Los dedos están en forma de gancho (agarre en gancho).
Otros tipos de agarre similares.

*Tabla 27: Tipo de Agarre.*

Duración	Puntos
Alrededor de 1/3 del tiempo.	2
Más de la mitad del tiempo.	4
Casi todo el tiempo.	8

*Tabla 28: Puntuación del factor de postura para el Agarre.*

La siguiente tabla muestra la puntuación a sumar si existen movimientos estereotipados:

MOVIMIENTOS ESTEREOTIPADOS	Puntos
Repetición de movimientos idénticos del hombro y/o codo, y/o muñeca, y/o dedos al menos 2/3 del tiempo (o el tiempo de ciclo está entre 8 y 15 segundos, todas las acciones técnicas se realizan con los miembros superiores. Las acciones pueden ser diferentes entre si).	1,5
Repetición de movimientos idénticos del hombro y/o codo, y/o muñeca, y/o dedos casi todo el tiempo (o el tiempo de ciclo es inferior a 8 segundos, todas las acciones técnicas se realizan con los miembros superiores. Las acciones pueden ser diferentes entre si).	3

*Tabla 29: Puntuación para movimientos estereotipados.*

- Factores adicionales:

Por último el método engloba en los llamados factores adicionales una serie de circunstancias que aumentan el riesgo debido a su presencia durante gran parte del ciclo.

En este punto se consideran elementos que contribuyen al riesgo: la utilización de guantes, el uso de herramientas que provocan vibraciones o contracciones en la piel, el tipo de ritmo de trabajo (impuesto o no por la máquina), etc...

Para obtener la puntuación debida a los factores adicionales se deberá:

1. Seleccionar una única opción de las descritas para factores adicionales y consultar su puntuación.
2. Sumar a la puntuación de la opción seleccionada 1 punto si el ritmo está parcialmente impuesto por la máquina y hasta 2 puntos si éste está totalmente determinado por la máquina.

FACTORES ADICIONALES	Puntos
Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren en la destreza de sujeción requerida por la tarea) más de la mitad del tiempo.	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más.	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 10 veces por hora o más.	2
Existe exposición al frío (a menos de 0 grados centígrados) más de la mitad del tiempo.	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o más.	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o más.	2
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.).	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm.).	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo.	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo.	3

*Tabla 30: Puntuación de factores adicionales.*

La siguiente tabla muestra la puntuación a sumar según el tipo de ritmo exigido en el puesto:

RITMO DE TRABAJO	Puntos
El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la máquina, con pequeños lapsos de tiempo en los que el ritmo de trabajo puede disminuirse o acelerarse.	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina.	2

*Tabla 31: Puntuación del ritmo de trabajo.*

- Multiplicador correspondiente a la duración neta del movimiento repetitivo:

El multiplicador de duración es un valor que traslada la influencia de la duración real del movimiento repetitivo al cálculo del riesgo.

El método plantea la corrección de la puntuación obtenida por la suma de los factores de riesgo evaluados (recuperación, frecuencia, fuerza, postura y adicionales), en función de la duración neta o real del movimiento repetitivo.

Si la duración del movimiento repetitivo es menor a 8 horas (480 min.) el índice de riesgo disminuye, mientras que éste aumenta para movimientos repetitivos mantenidos durante más de 8 horas tal y como muestra la siguiente tabla de puntuaciones para el multiplicador de duración:

Duración del movimiento	Multiplicador de duración
60-120 minutos	0,5
121-180 minutos	0,65
181-240 minutos	0,75
241-300 minutos	0,85
301-360 minutos	0,925
361-420 minutos	0,95
421-480 minutos	1
> 480 minutos	1,5

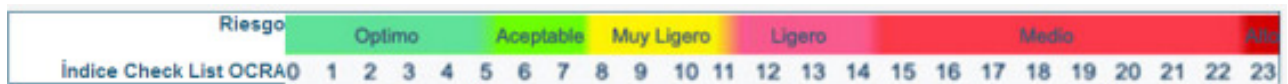
*Tabla 32: Puntuación para el multiplicador de duración del movimiento repetitivo.*

En este punto será posible la obtención final del Índice Check List OCRA mediante la suma de las puntuaciones de los diferentes factores (recuperación, frecuencia, fuerza, postura y adicionales) corregida por la puntuación del multiplicador de duración. Finalmente, la consulta de la Tabla de clasificación de resultados (tabla 33), permitirá describir el riesgo asociado al valor del Índice Check List OCRA obtenido y las acciones sugeridas por el método.



El método propone un código de colores<sup>2</sup> para identificar visualmente los diferentes niveles de riesgo. La escala de colores va desde el verde para el riesgo Optimo o Aceptable, pasando por el amarillo para indicar el riesgo Muy ligero y finalmente el rojo para identificar el riesgo Ligero, Medio y alto.

Índice Check List OCRA	Riesgo	Acción sugerida
Menor o igual a 5	Optimo	No se requiere
Entre 5,1 y 7,5	Aceptable	No se requiere
Entre 7,6 y 11	Muy Ligero	Se recomienda un nuevo análisis o mejora del puesto
Entre 11,1 y 14	Ligero	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento
Entre 14,1 y 22,5	Medio	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento
Más de 22,5	Alto	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento



*Tabla 33: Clasificación de resultados*

### **5.5. Medida de las fueras aplicadas sobre la batería.**

Con el uso del medidor de fuerza se han llevado a cabo diferentes ensayos para medir la fuerza de impacto sobre el parche de caja, el parche del bombo, el Ride y el resto de platos . Se han realizado 5 medidas para cada elemento, de las cuales se va a obtener la media para posteriormente utilizarla como dato para los estudios de simulación realizados en SolidWorks. Para obtener las fuerzas para los diferentes elementos se ha utilizado 3 métodos diferentes:

1. Se ha obtenido la fuerza ejercida sobre el parche de bombo por la maza del pedal apoyando la célula contra la pared, y por la otra cara golpeando con el pedal de bombo.
2. La fuerza obtenida para el parche de la caja y el plato ride, se ha medido golpeando con la punta de la baqueta sobre el sensor de la célula (golpeo distal) , para cada uno de los casos con diferente intensidad, ya que el golpeo sobre la caja es más fuerte que el que se realiza sobre el ride.
3. Por último se ha medido la fuerza aplicada sobre el resto de platos, que es más fuerte que la aplicada al plato ride. Para la obtención de esta se ha golpeado la cara de la célula por la parte central de la baqueta ( golpeo proximal), no con la punta con en el caso anterior.



a)



b)

*Figura 63: Medición fuerza aplicada con a) golpeo de baqueta proximal b)golpeo de baqueta distal*



*Figura 64: Medición fuerza aplicada con golpeo de maza*

Se va a realizar 5 mediciones de fuerza para cada una de los métodos y con los datos que se obtengan se realizará una media y se obtendrán los valores de carga necesarios para introducirlos como datos y realizar los estudios dinámicos con SolidWorks.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. Resultados de la medición de las fuerzas aplicadas sobre la batería.**

En la siguiente tabla se pueden ver los valores de fuerza obtenidos para cada una de las medidas realizadas y para cada método aplicado.

	Parche Caja	Pedal Bombo	Platos	Plato Ride
Medida	Fuerzas medidas (N)			
1	7,2	10,0	9,2	2,8
2	8,0	10,8	10,4	2,8
3	8,4	11,0	8,2	3,2
4	7,6	10,4	10,4	2,4
5	7,8	9,4	9,4	3,2
<b>Media</b>	<b>7,8</b>	<b>10,3</b>	<b>9,5</b>	<b>2,9</b>

*Tabla 34: Medidas dinamómetro*

### **6.2. Resultados análisis por métodos de elementos finitos.**

A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos tras realizar los estudios estático y de frecuencias sobre los siguientes elementos de la batería:

- Parche caja de 14".
- Parche Bombo de 22"
- Plato Splash de 10"
- Plato Crash de 16"
- Plato Ride de 20"
- Plato efex de 16"
- Plato crash 16 con aleación B8

### 6.2.1. Parche caja 14"

- Estudio Estático:

Tras aplicar una restricción fija en el extremo y una fuerza de 7.8 N en el centro del parche se obtiene los siguientes resultados de tensiones y deformaciones:

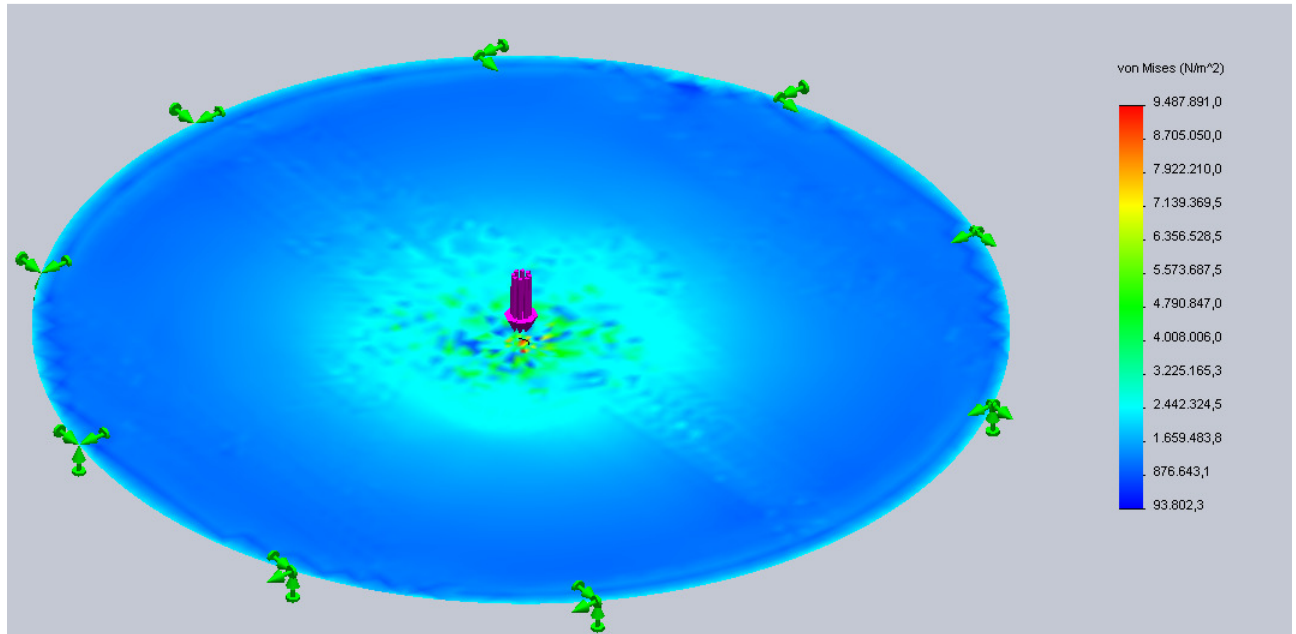


Figura 65: Tensiones parche caja.

Aparece una tensión máxima en el centro de  $9.48 \text{ N/m}^2$  (Pa)

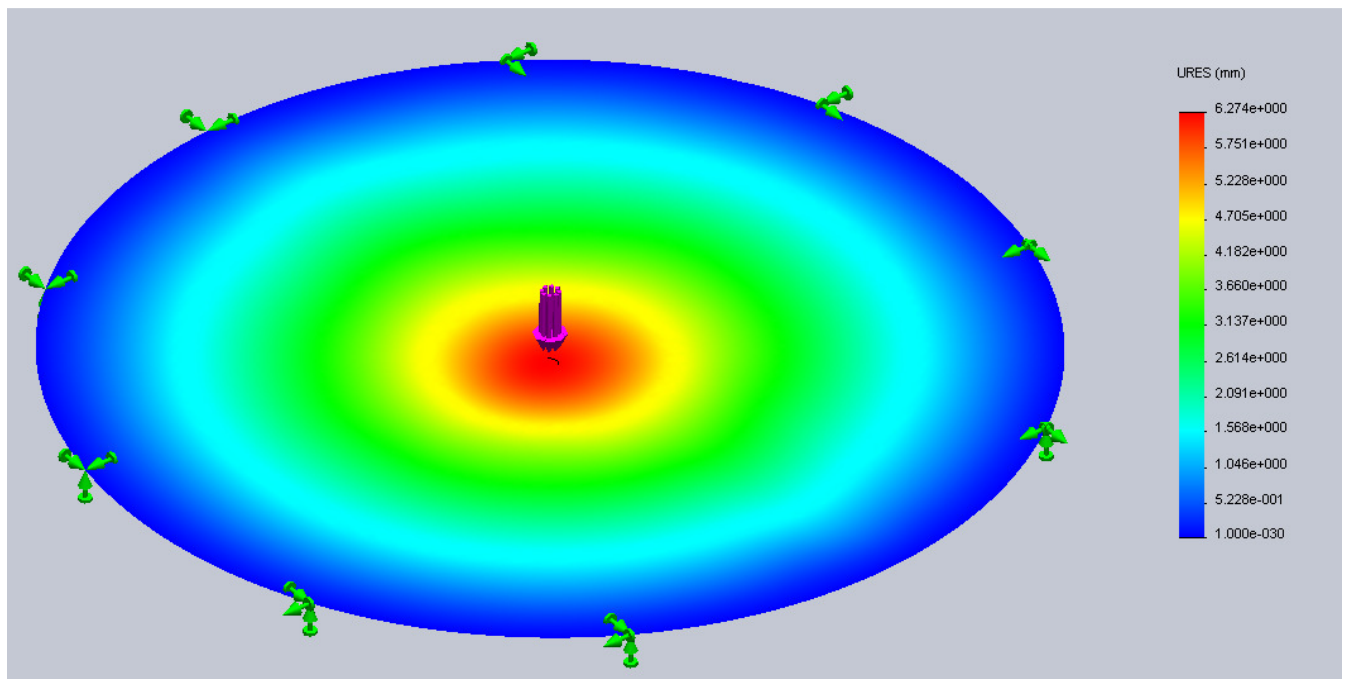


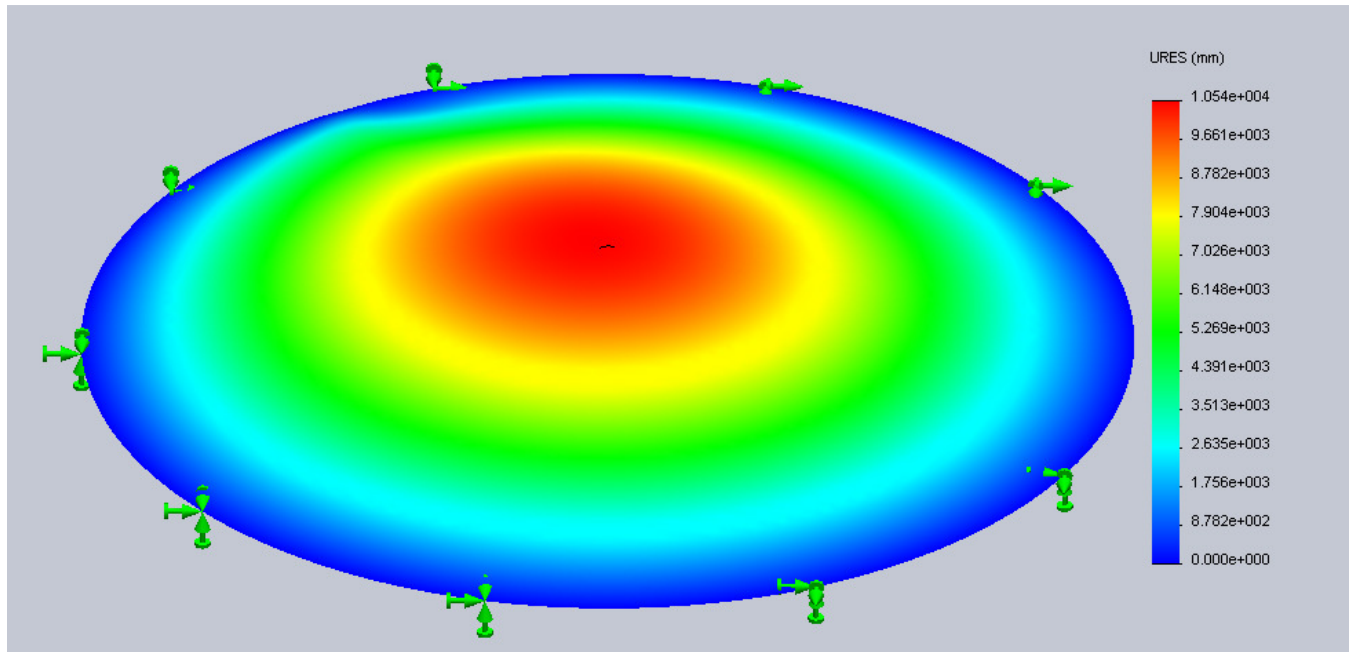
Figura 66: Desplazamientos parche caja

Se obtiene un desplazamiento máximo en el centro del parche de 6.27 mm.

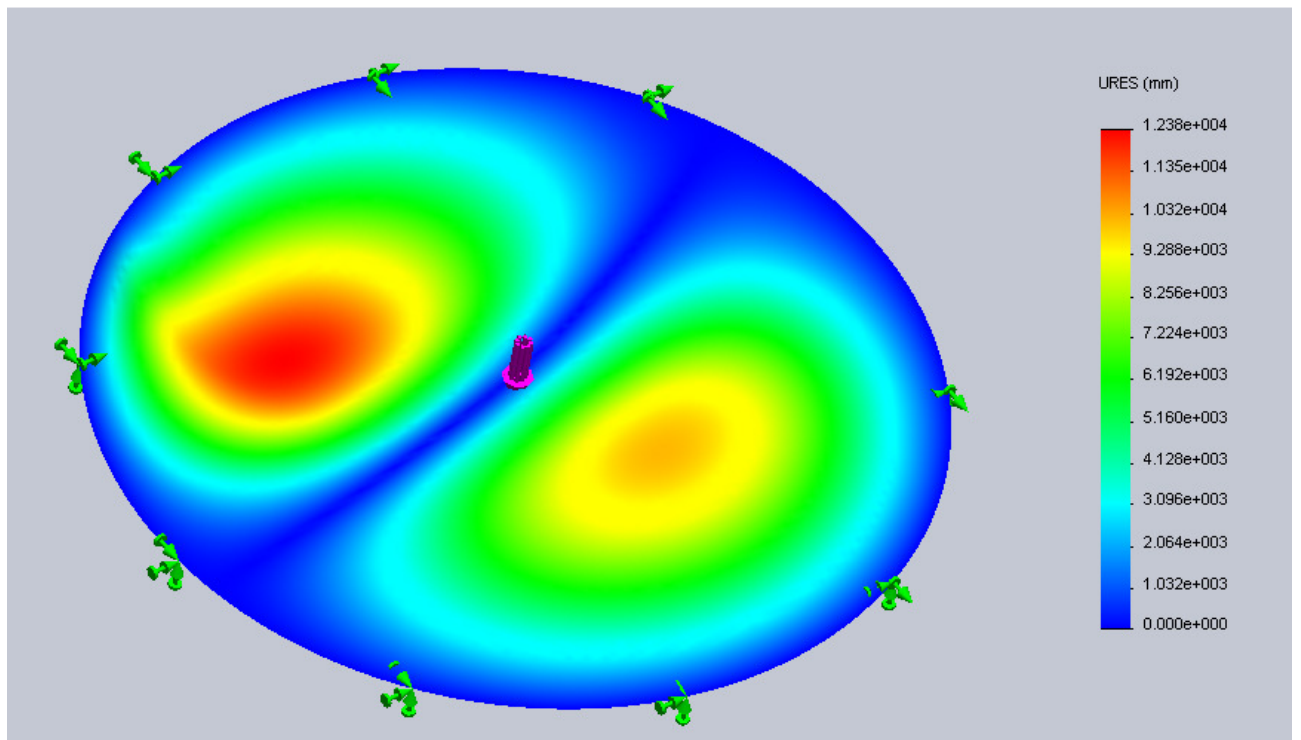


- Estudio Frecuencia:

Se aplican las mismas sujeciones y cargas que en el estudio estático y se obtienen los siguientes resultados de desplazamientos. En los ensayos de frecuencia la escala de valores de la leyenda representa los desplazamientos relativos entre los nodos.

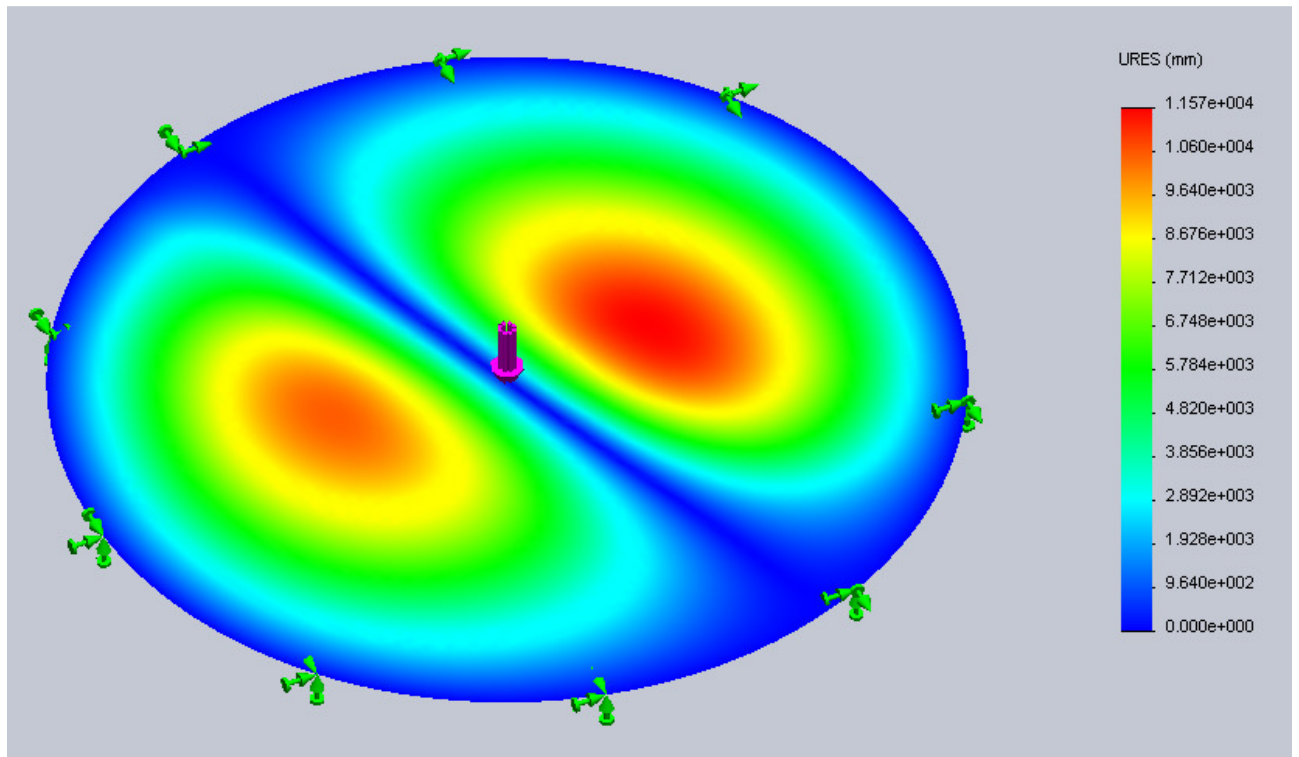


*Figura 67: Parche caja modo 1*

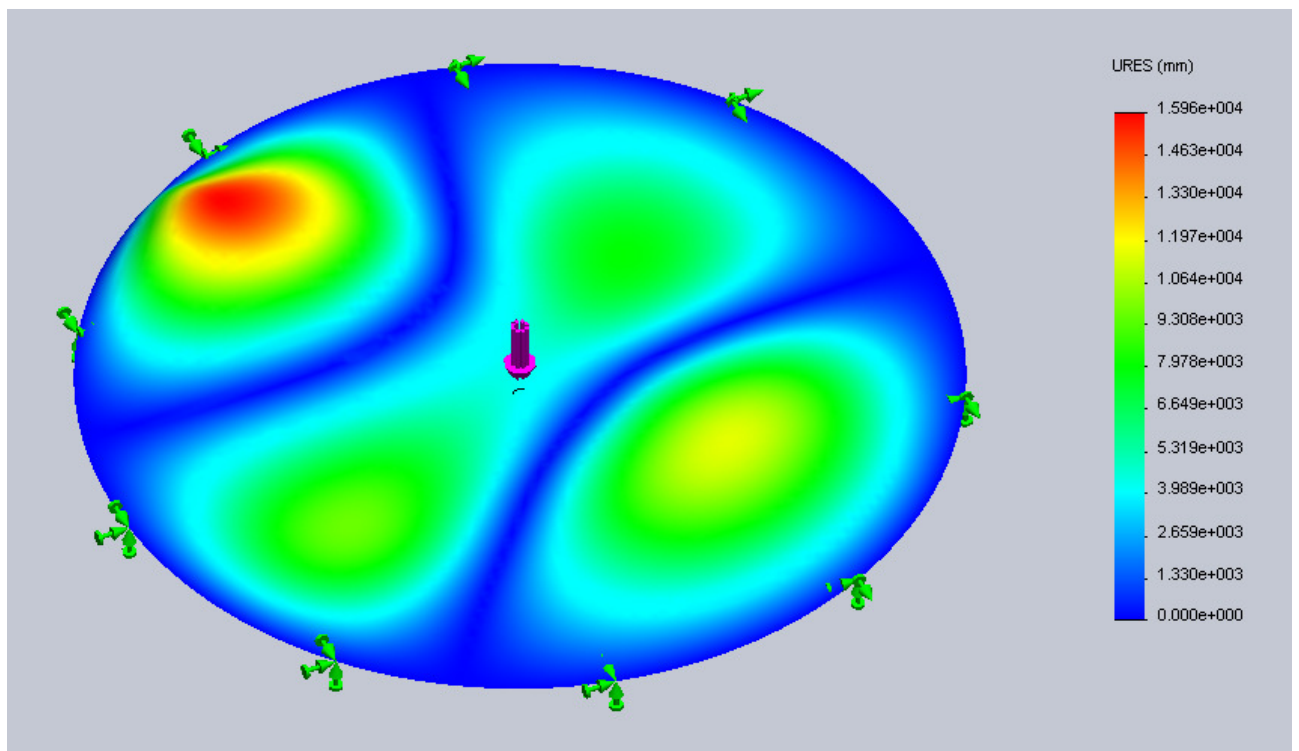


*Figura 68: Parche caja modo 2*

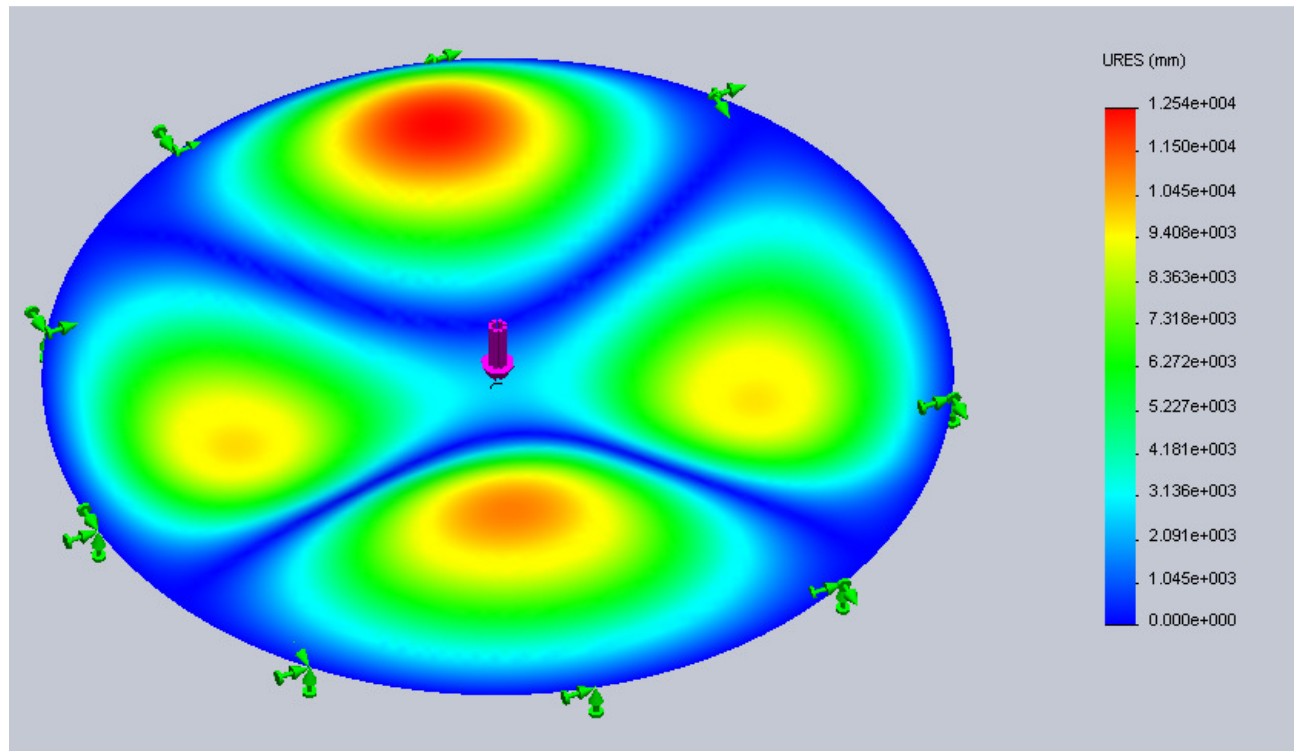




*Figura 69: Parche caja modo 3*



*Figura 70: Parche caja modo 4*



*Figura 71: Parche caja modo 5*

Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	458.74	73.01	0.013697
2	715.45	113.87	0.0087821
3	742.15	118.12	0.0084663
4	962.1	153.12	0.0065307
5	988.5	157.33	0.0063563
6	1063.9	169.32	0.005906

*Tabla 35: Frecuencias resonantes parche caja*

### 6.2.2. Parche bombo 22"

- Estudio Estático:

Tras aplicar una restricción fija en el extremo y una fuerza de 10.3 N en el centro del parche del bombo se obtiene los siguientes resultados de tensiones y deformaciones:

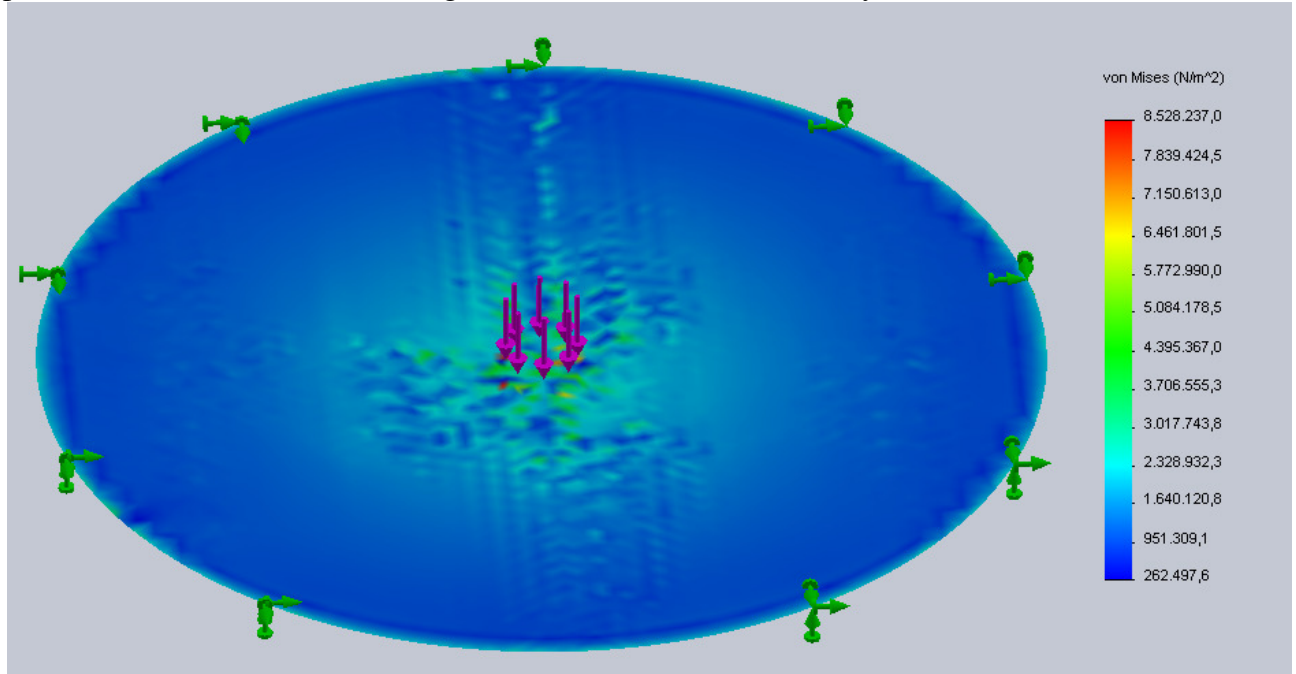


Figura 72: Tensiones parche bombo

Aparece una tensión máxima en el centro del parche del bombo de 8.53 N/m<sup>2</sup> (Pa)

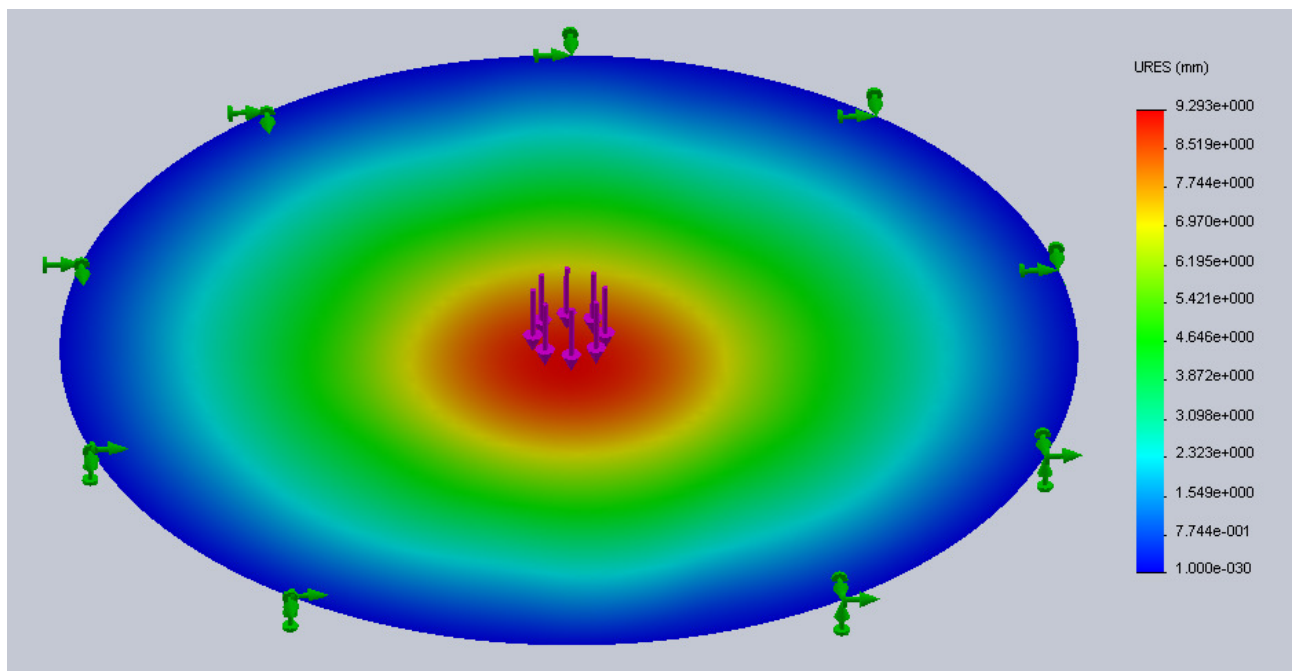
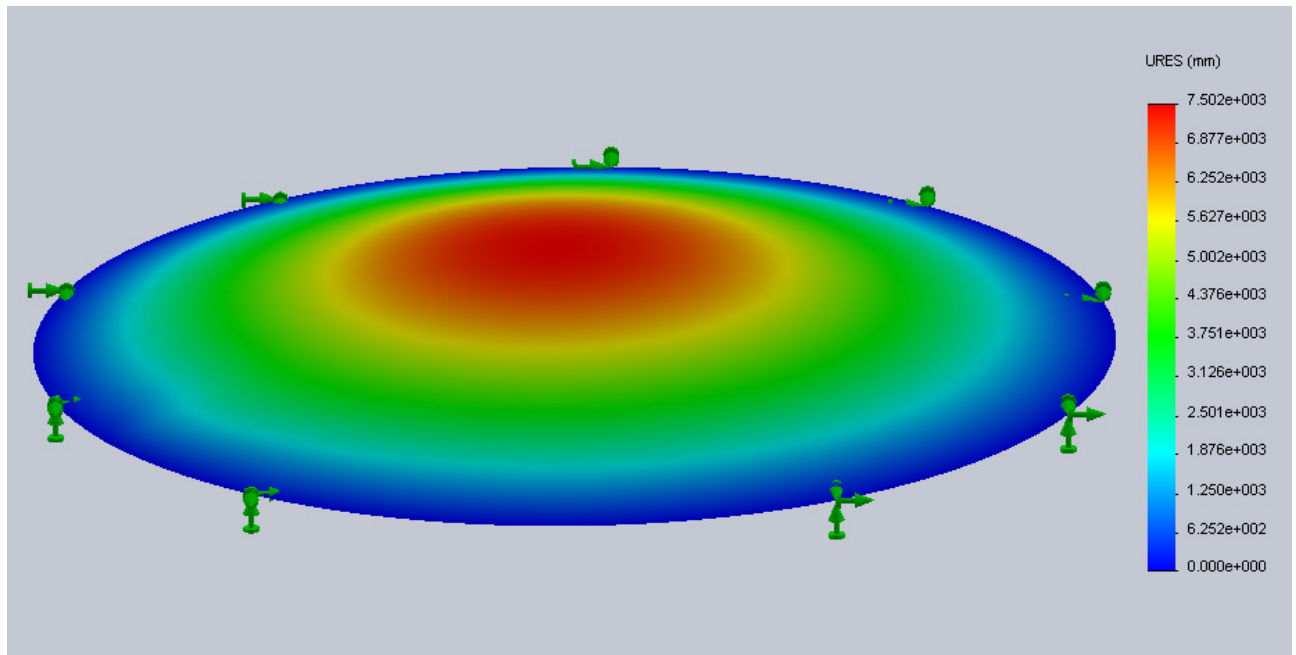


Figura 73: Desplazamientos parche bombo

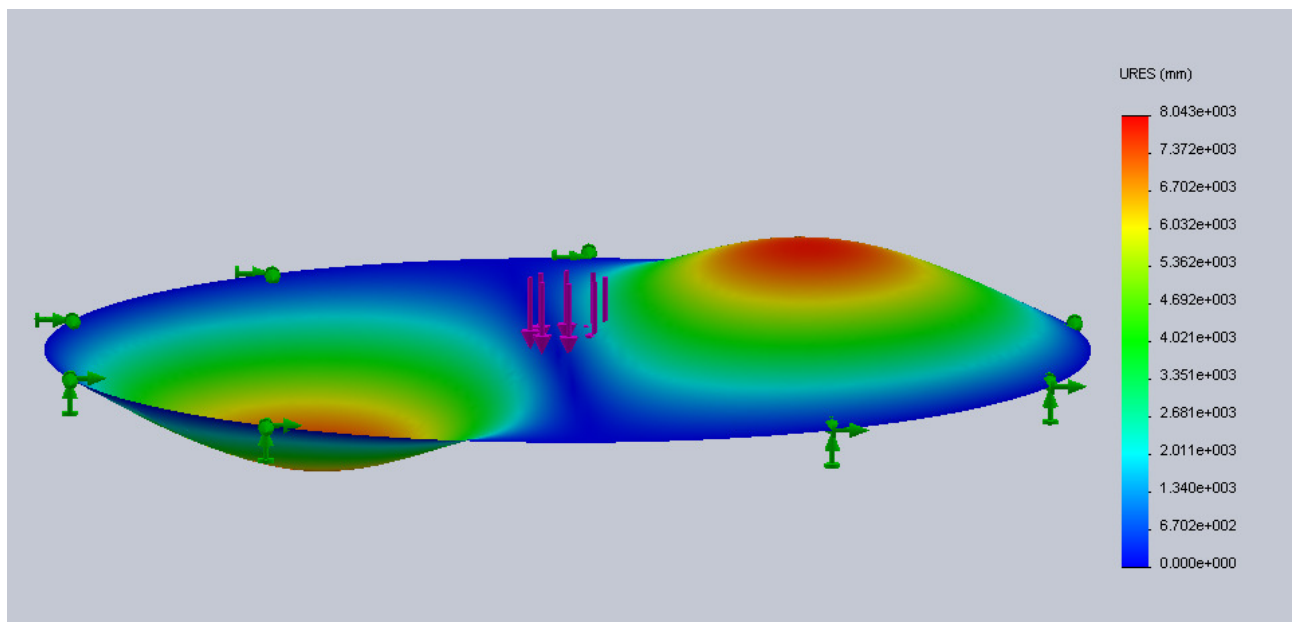
Se obtiene un desplazamiento máximo en el centro del parche de 9.29 mm.

- Estudio de Frecuencia:

Se aplican las mismas sujeciones y cargas que en el estudio estático y se obtienen los siguientes resultados de desplazamientos. En los ensayos de frecuencia la escala de valores de la leyenda representa los desplazamientos relativos entre los nodos.



*Figura 74: Parche bombo modo 1*



*Figura 75: Parche bombo modo 2*



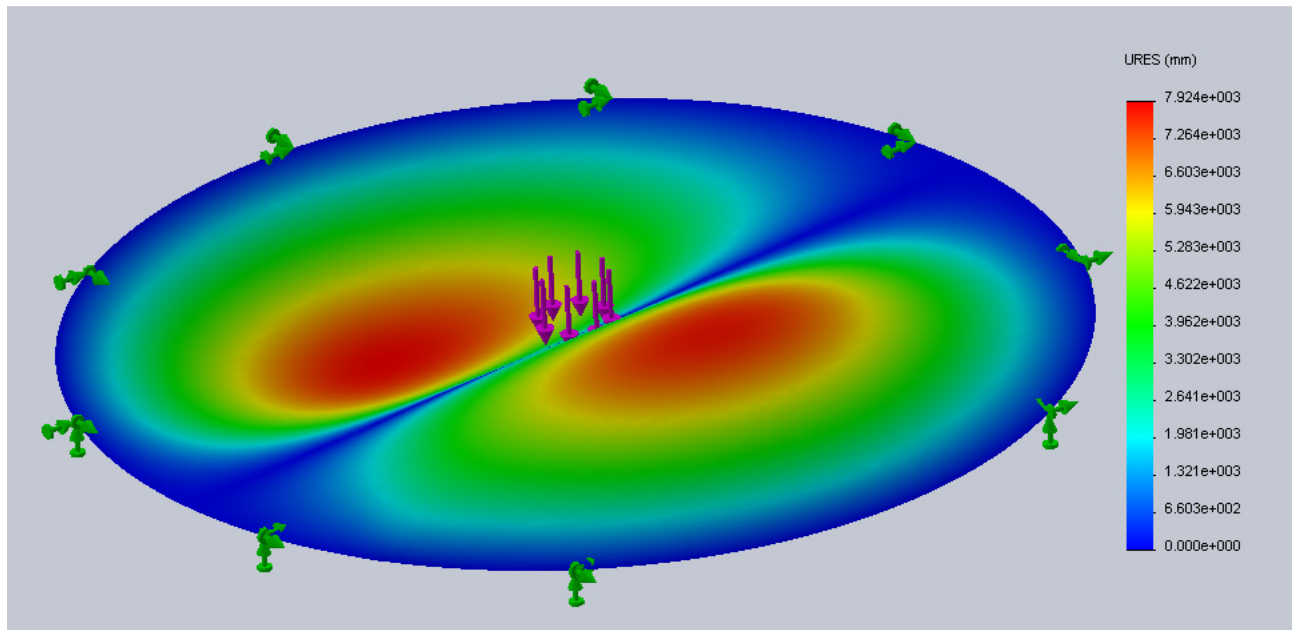


Figura 76: Parche bombo modo 3

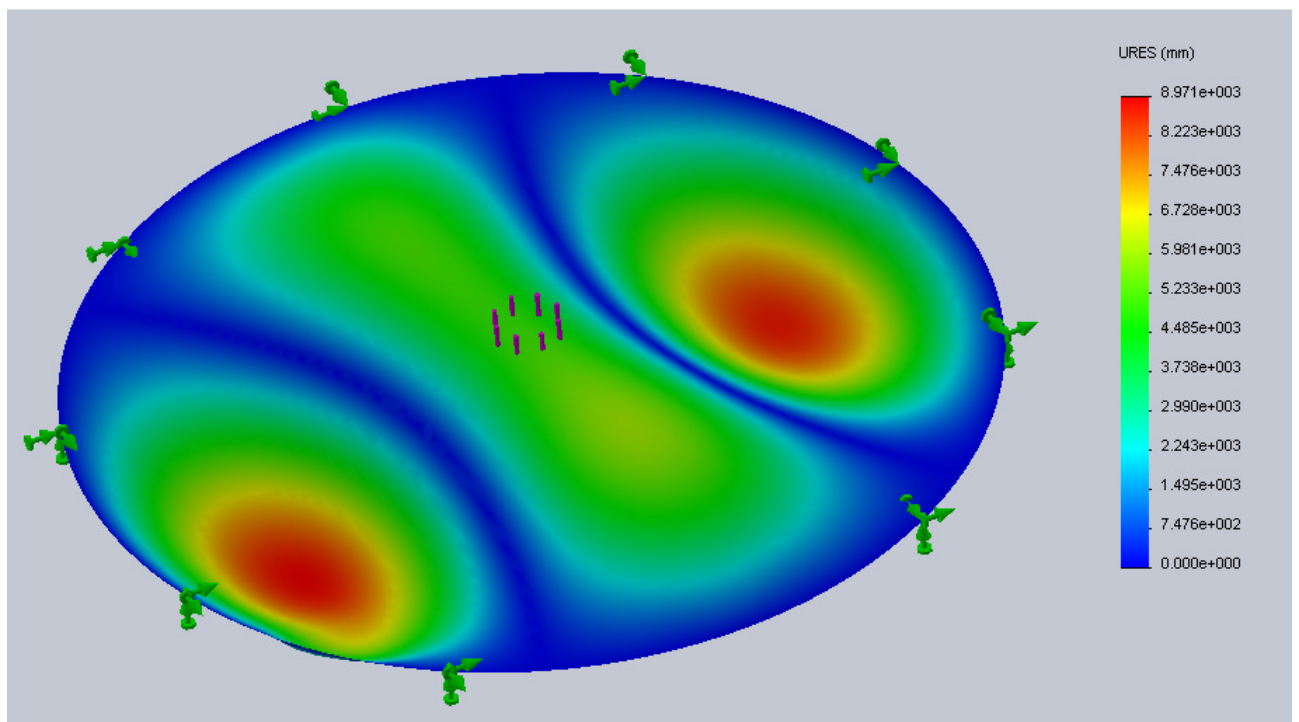
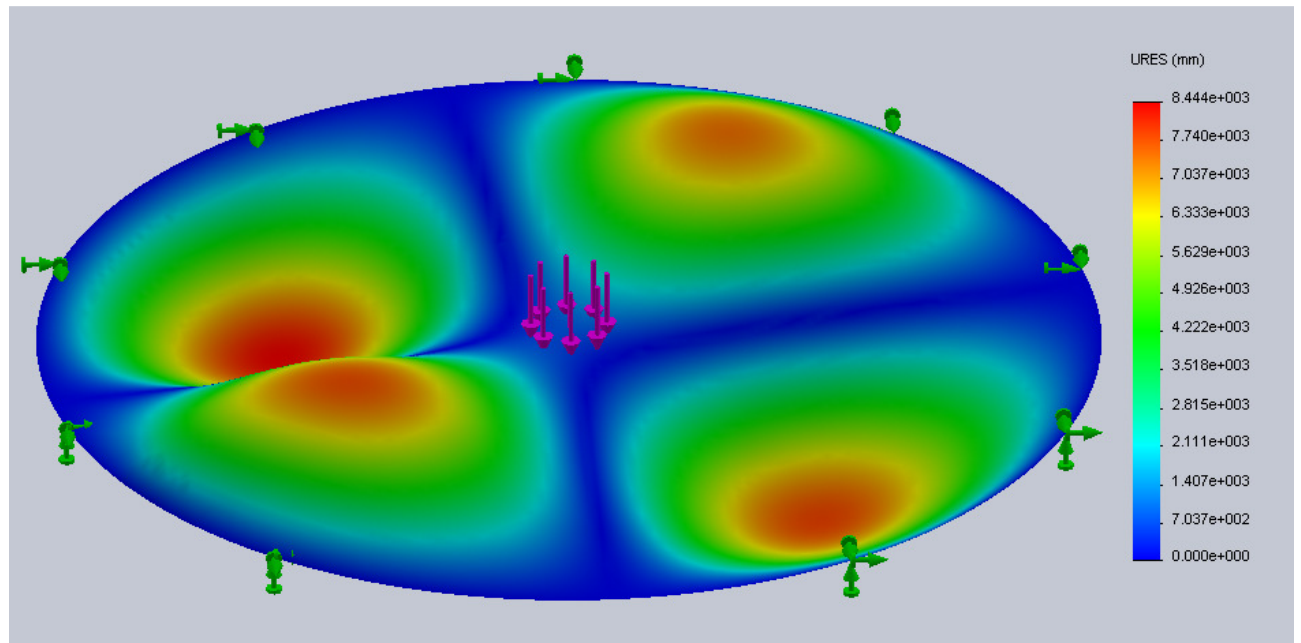


Figura 77: Parche bombo modo 4



*Figura 78: Parche bombo modo 5*

Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	826.8	131.59	0.0075994
2	1277.4	203.3	0.0049189
3	1363.6	217.02	0.0046078
4	1729.7	275.28	0.0036326
5	1768.4	281.45	0.003553

*Tabla 36: Frecuencias resonantes parche bombo*



### 6.2.3. Plato splash 10"

- Estudio Estático:

Tras aplicar una restricción en el agujero interno y una fuerza de 9.5 N en el extremo del plato se obtiene los siguientes resultados de tensiones y deformaciones:

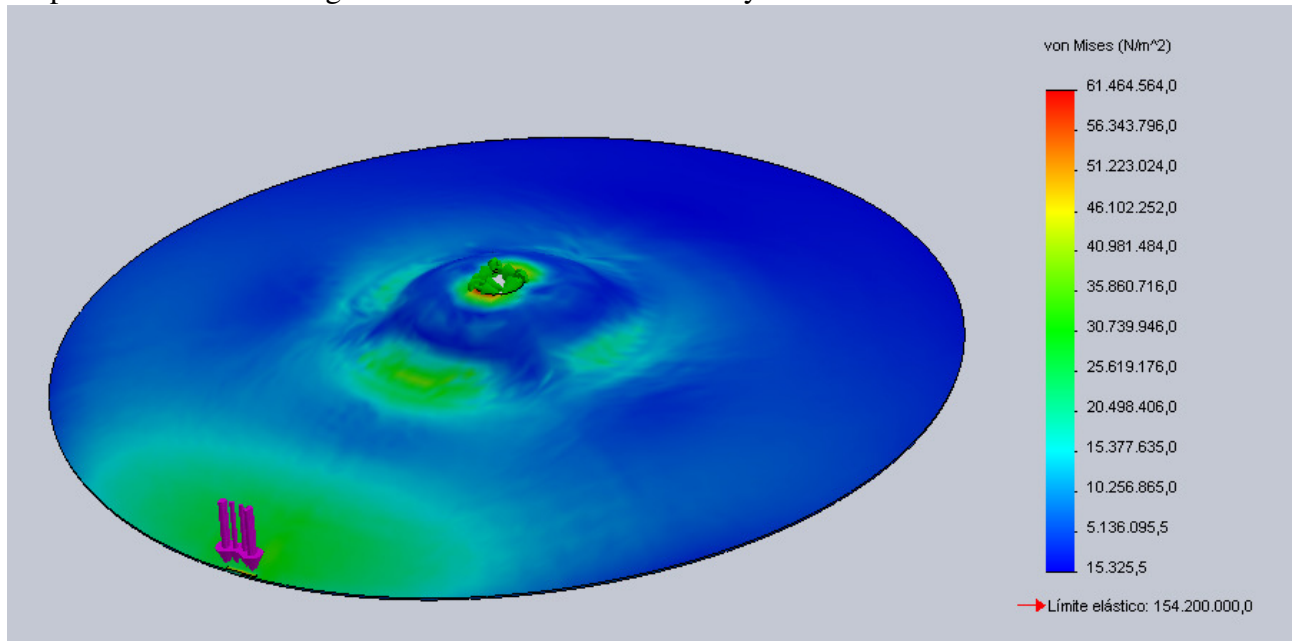


Figura 79: Tensiones splash 10"

Aparece una tensión máxima en el centro del plato de 61.46 N/m<sup>2</sup> (Pa)

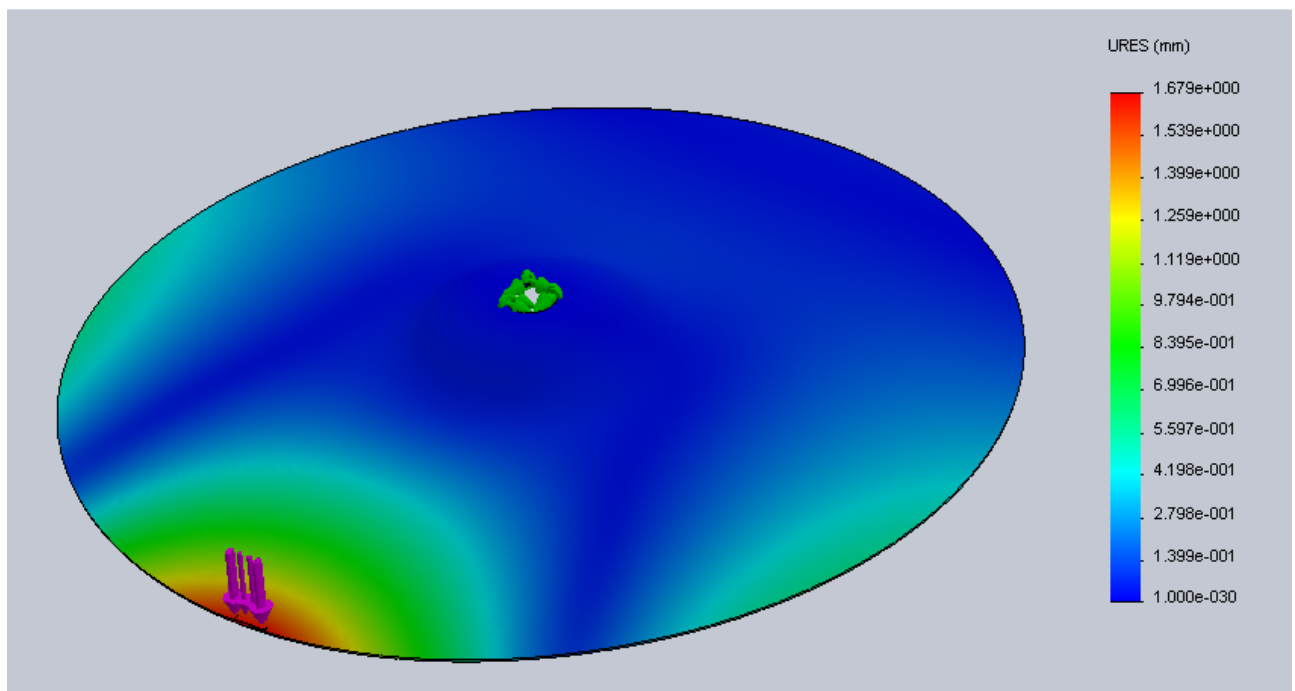
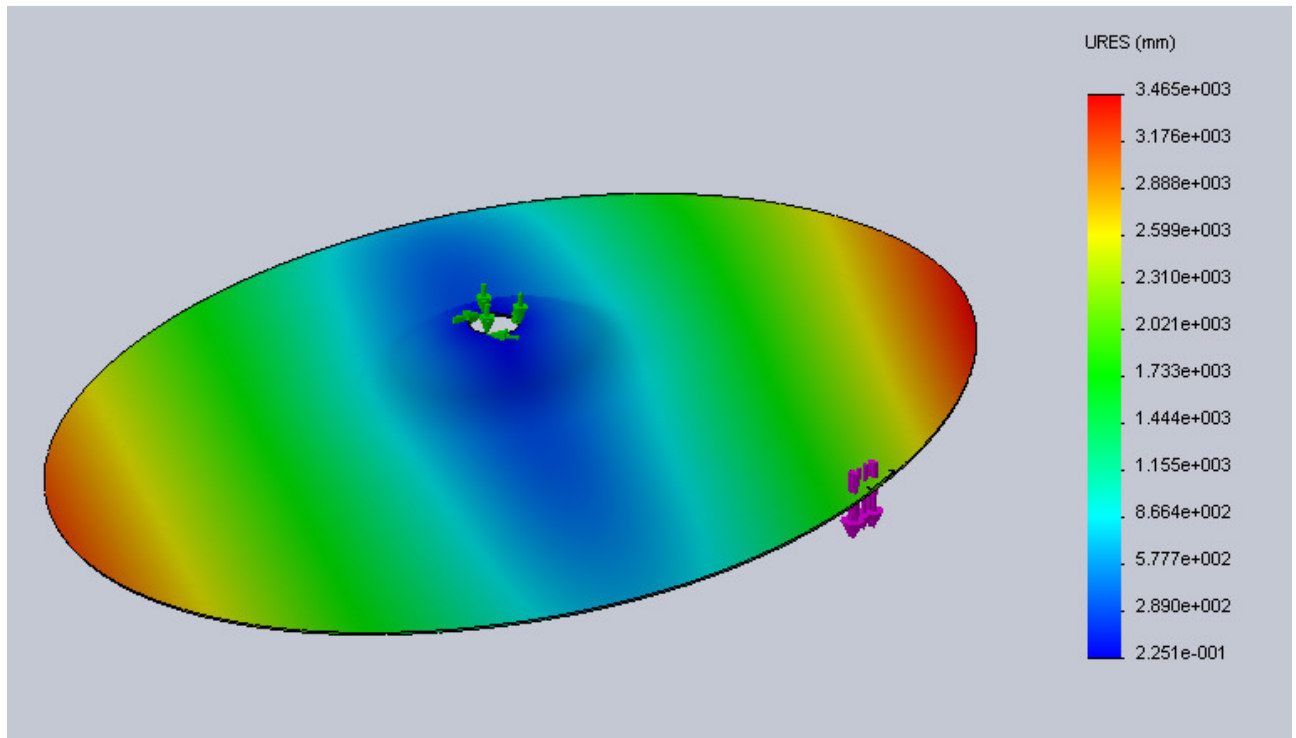


Figura 80: Desplazamientos splash 10"

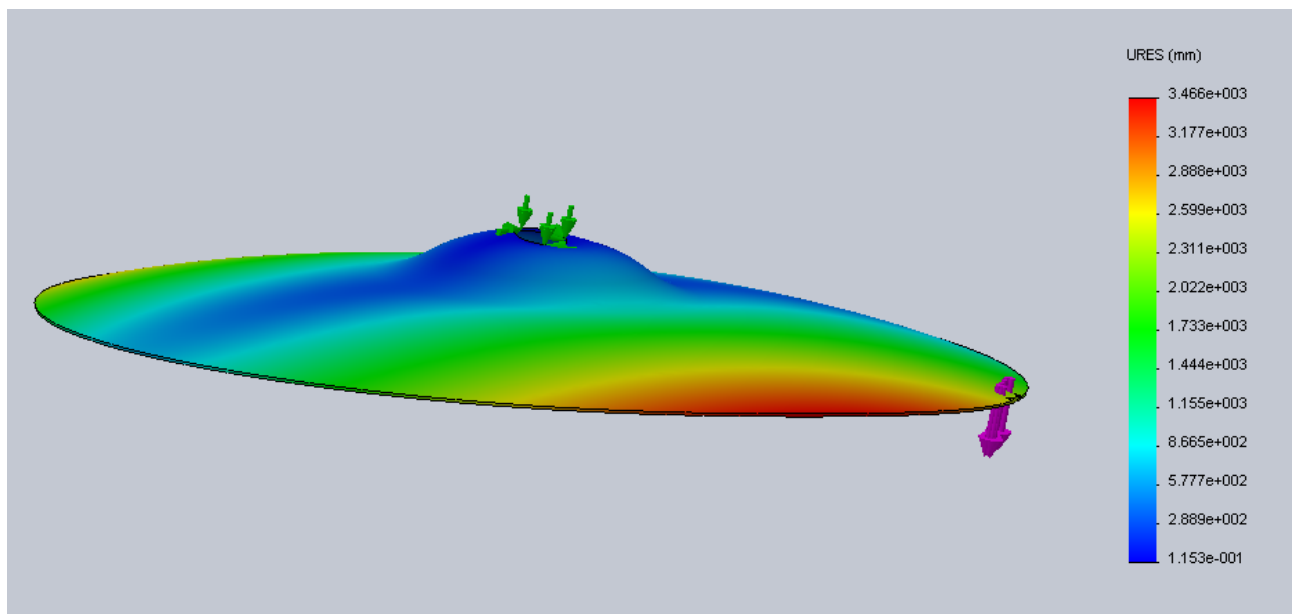
Se obtiene un desplazamiento máximo en el extremo del plato donde está situada la carga de 1.67 mm.

- Estudio de Frecuencia:

Se aplican las mismas sujeciones y cargas que en el estudio estático y se obtienen los siguientes resultados de desplazamientos. En los ensayos de frecuencia la escala de valores de la leyenda representa los desplazamientos relativos entre los nodos.



*Figura 81: Splash 10" modo 1*



*Figura 82: Splash 10" modo 2*

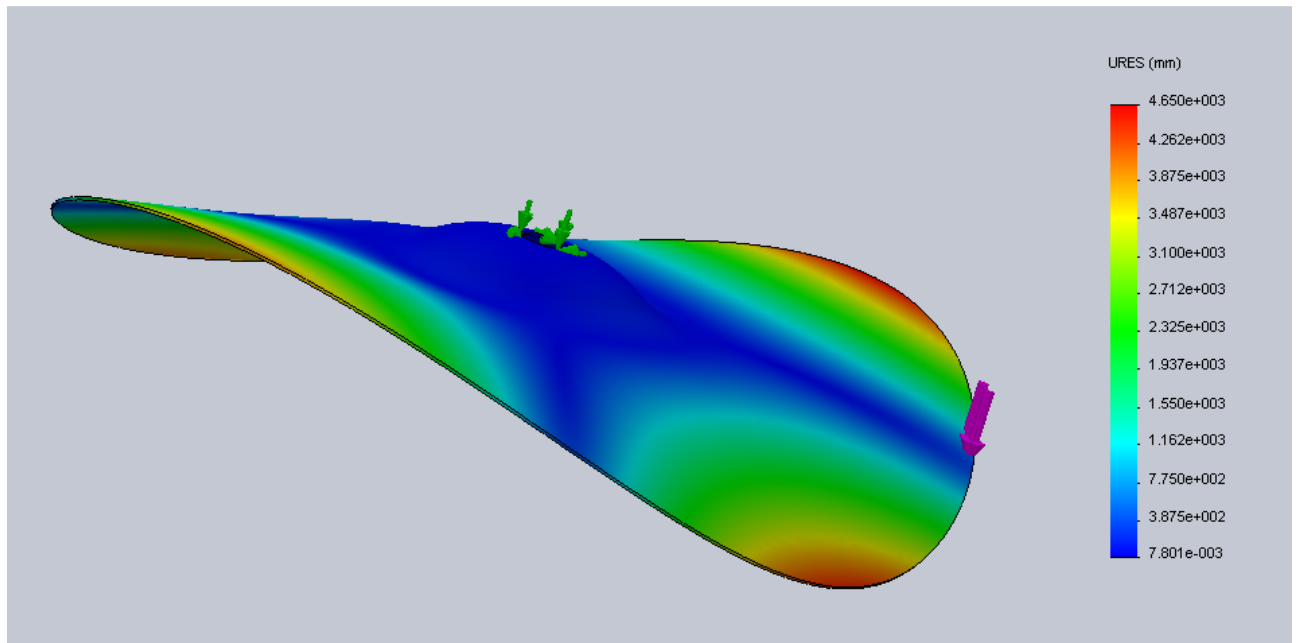


Figura 83: Splash 10" modo 3

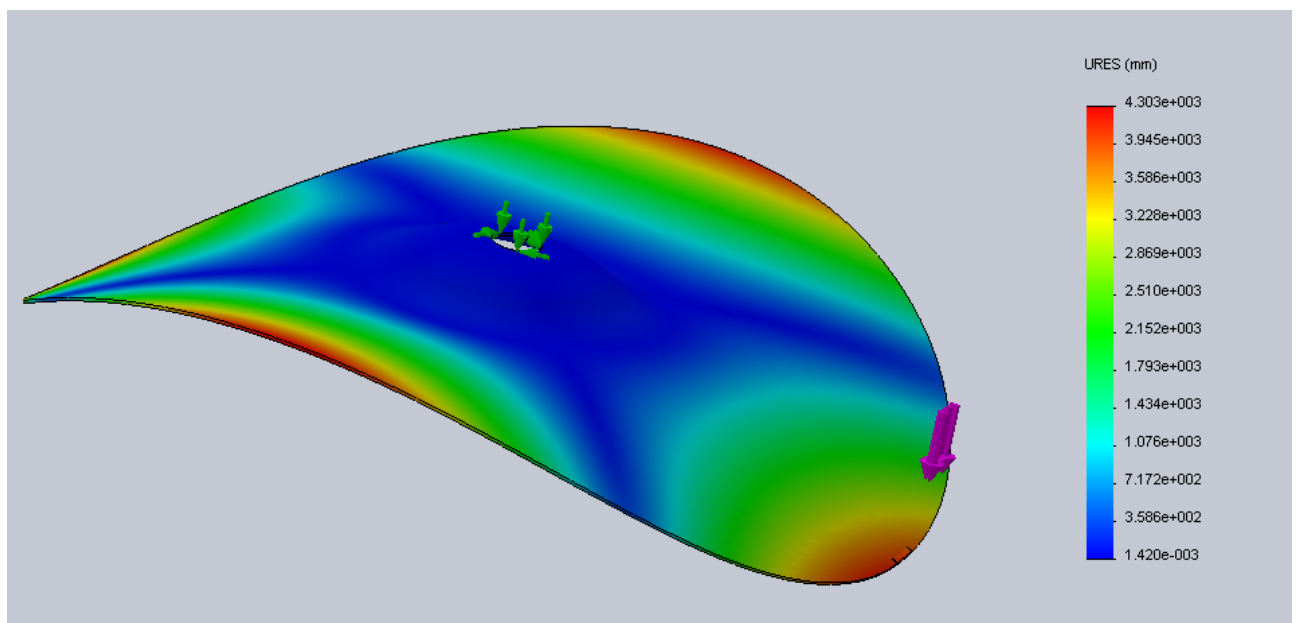
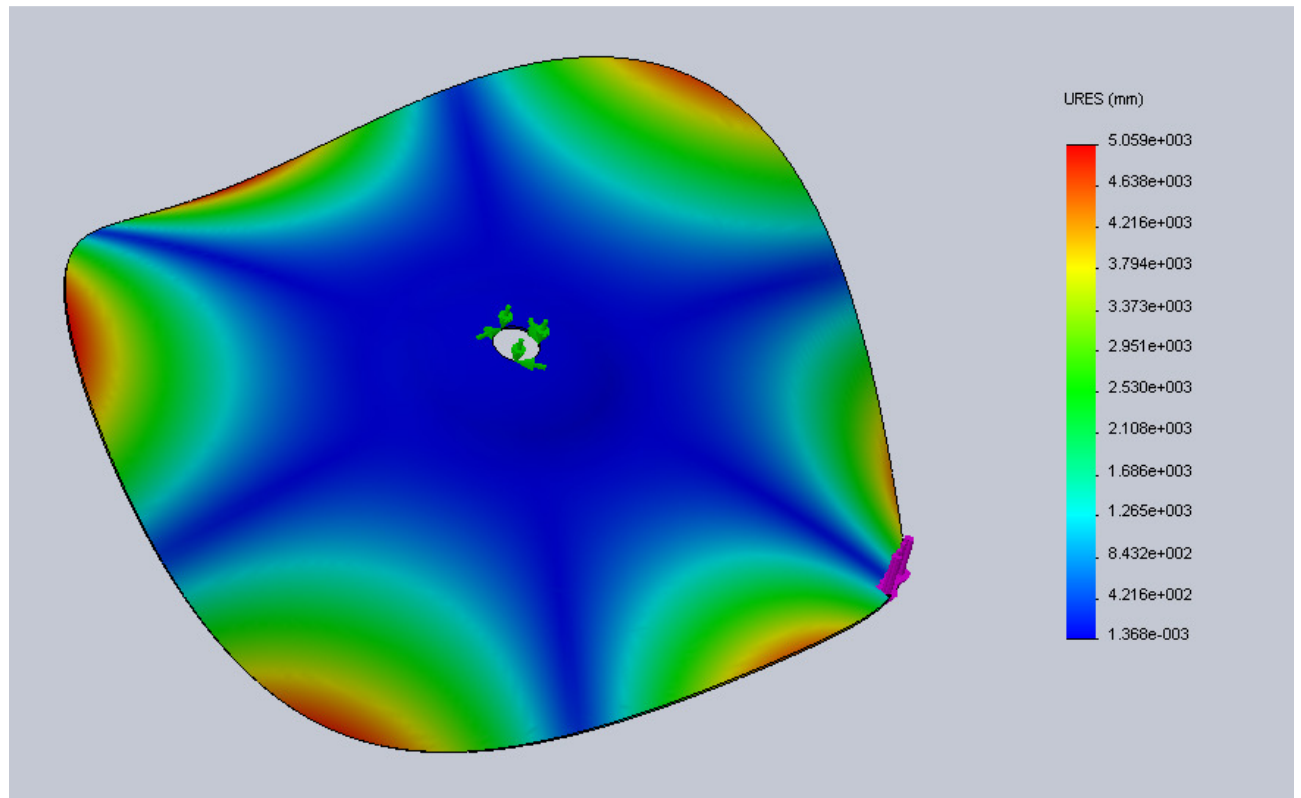


Figura 84: Splash 10" modo 4



*Figura 85: Splash 10" modo 5*

Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	357.62	56.916	0.01757
2	370.34	58.942	0.016966
3	505.33	80.425	0.012434
4	529.34	84.248	0.01187
5	776.88	123.64	0.0080878
6	796.38	126.75	0.0078897
7	1383.1	220.12	0.004543

*Tabla 37: Frecuencias resonantes plato splash*

#### 6.2.4. Plato crash 16"

- Estudio Estático:

Tras aplicar una restricción en el agujero interno y una fuerza de 9.5 N en el extremo del plato se obtiene los siguientes resultados de tensiones y deformaciones:

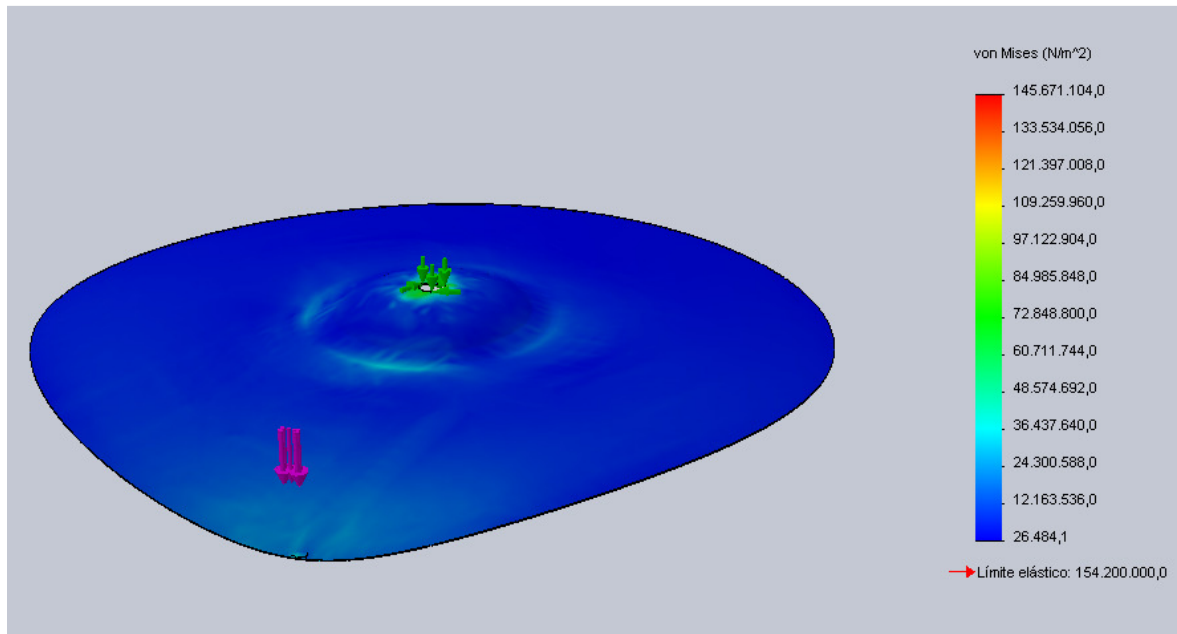


Figura 86: Tensiones Crash 16"

Aparece una tensión máxima en el centro del plato de 145.67 N/m<sup>2</sup> (Pa)

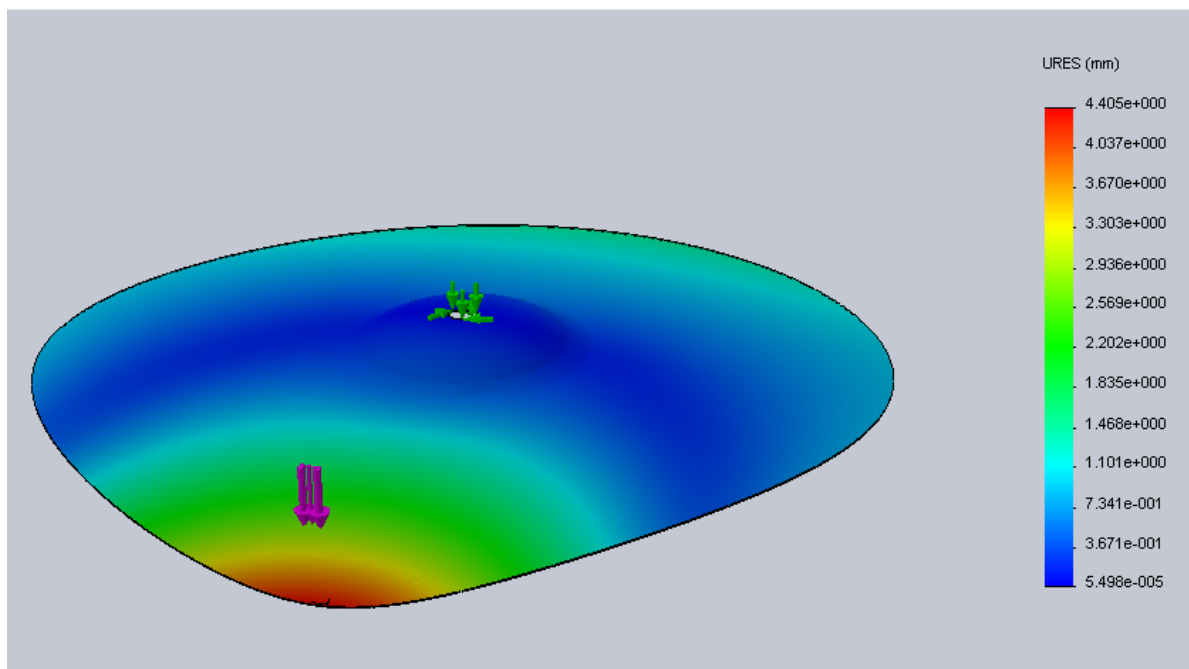
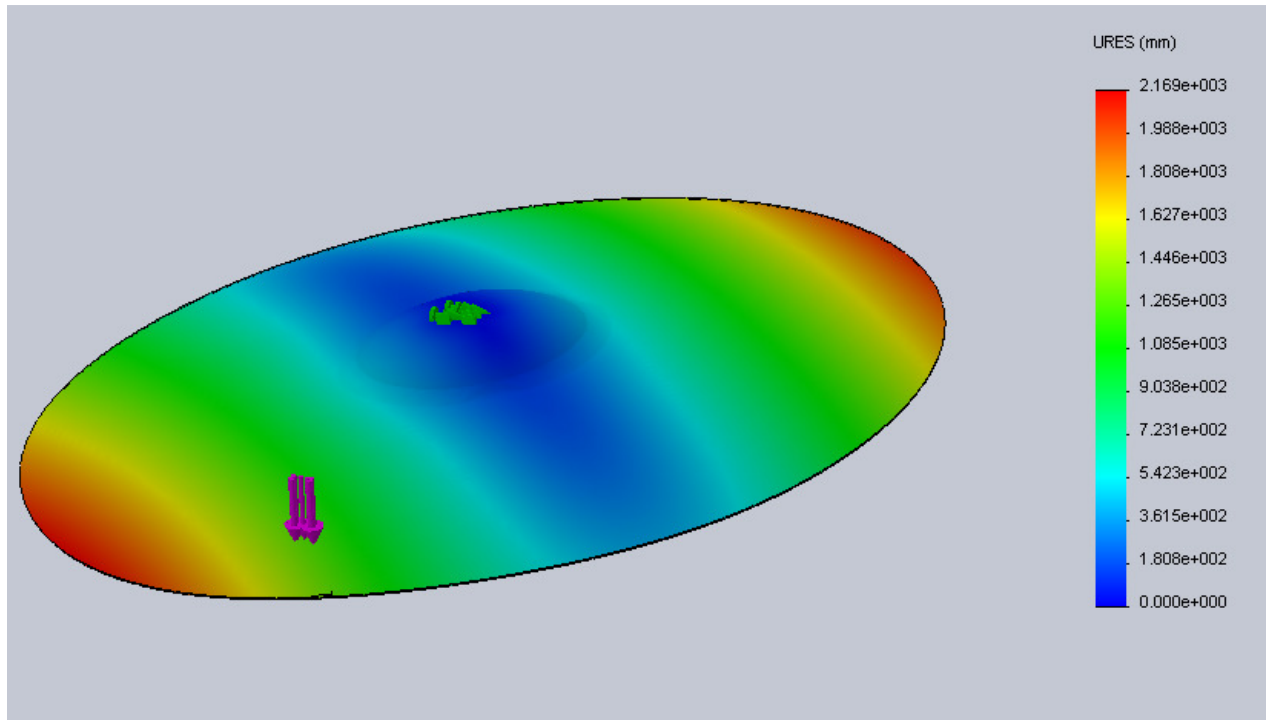


Figura 87: Desplazamientos crash 16"

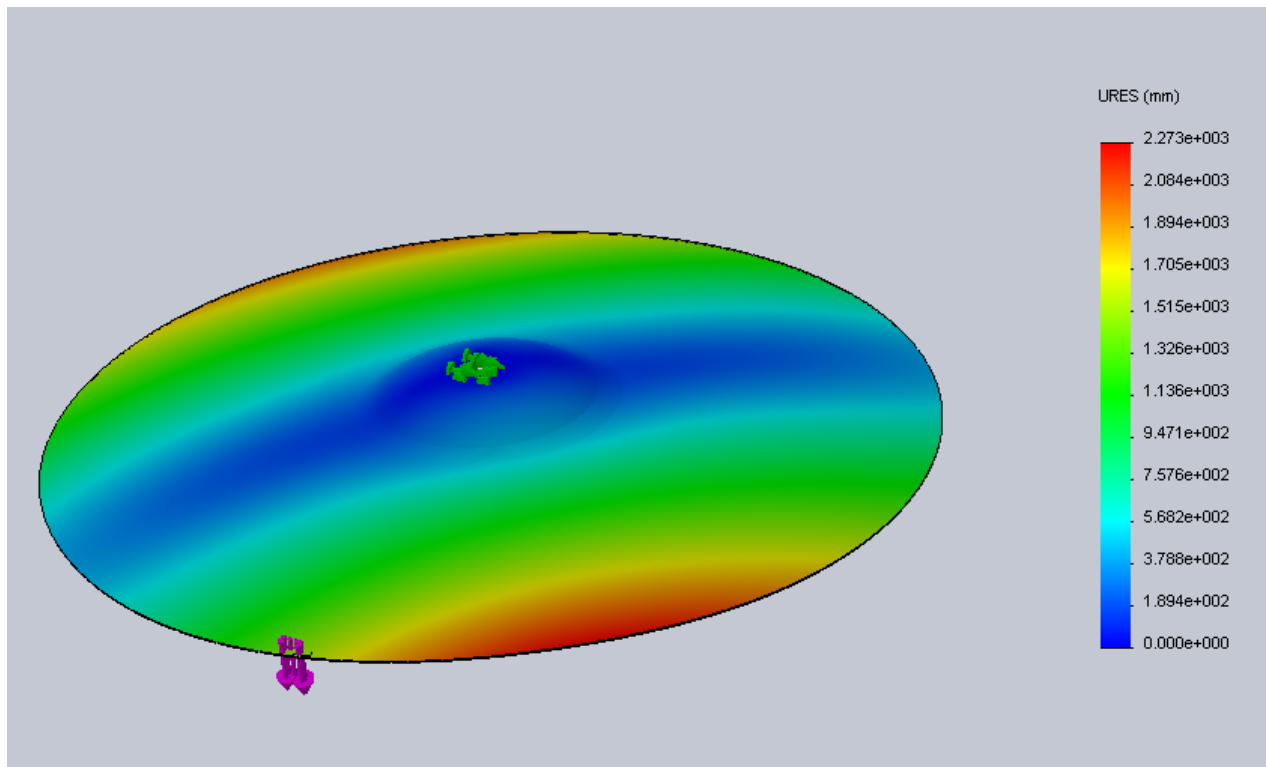
Aparece un desplazamiento máximo donde está situada la carga de 4.40 mm.

- Estudio de Frecuencia:

Se aplican las mismas sujeciones y cargas que en el estudio estático y se obtienen los siguientes resultados de desplazamientos. En los ensayos de frecuencia la escala de valores de la leyenda representa los desplazamientos relativos entre los nodos.



*Figura 88: Crash 16" modo 1*



*Figura 89: Crash 16" modo 2*



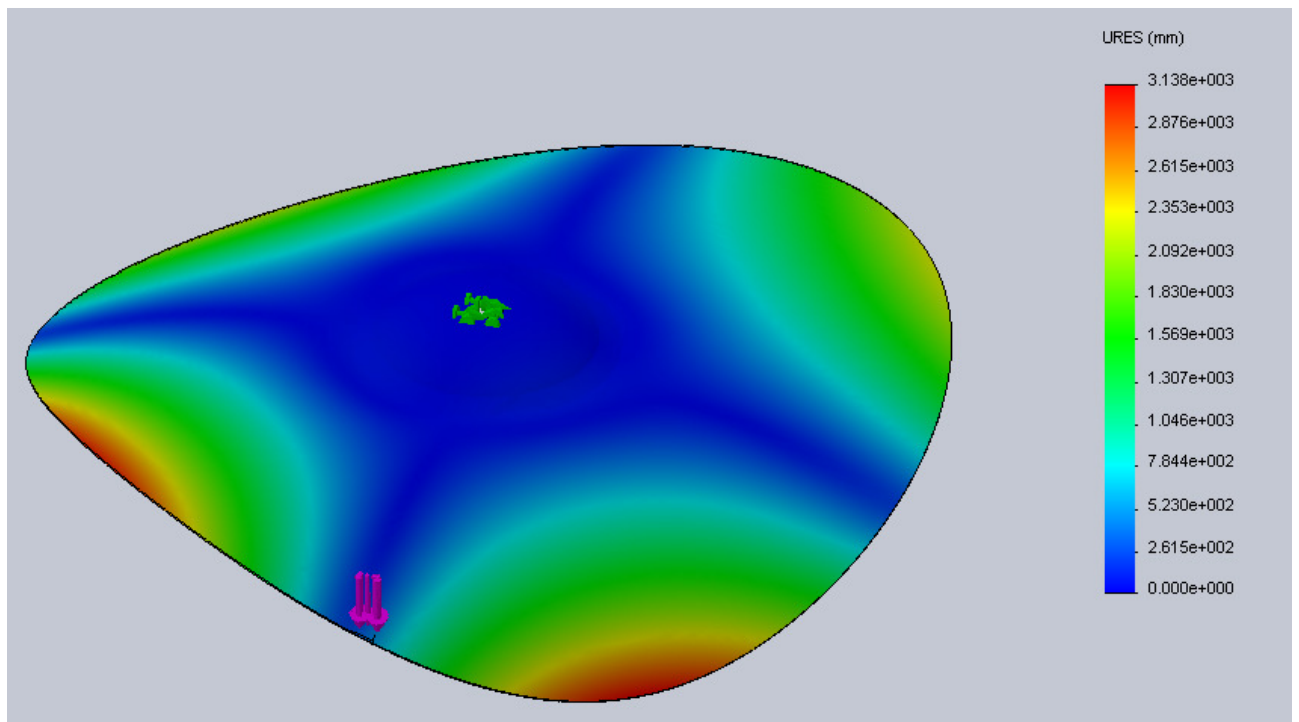


Figura 90: Crash 16" modo 3

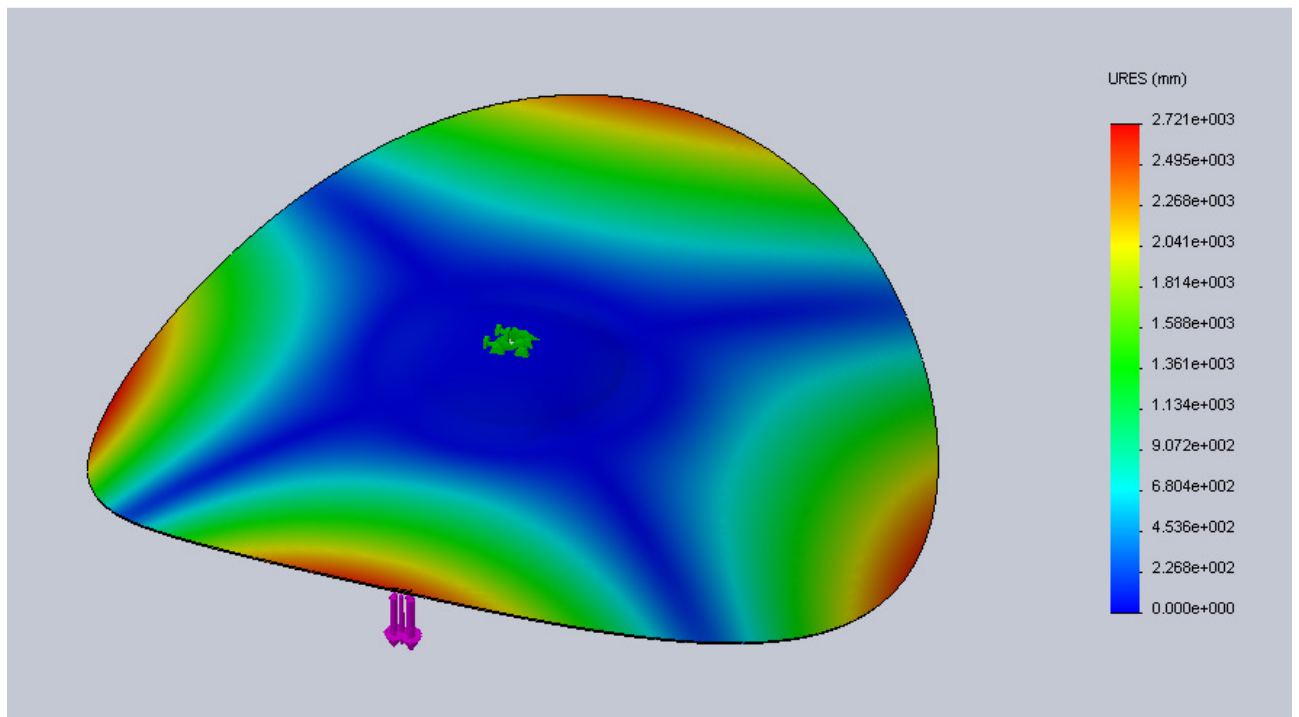


Figura 91: Crash 16" modo 4

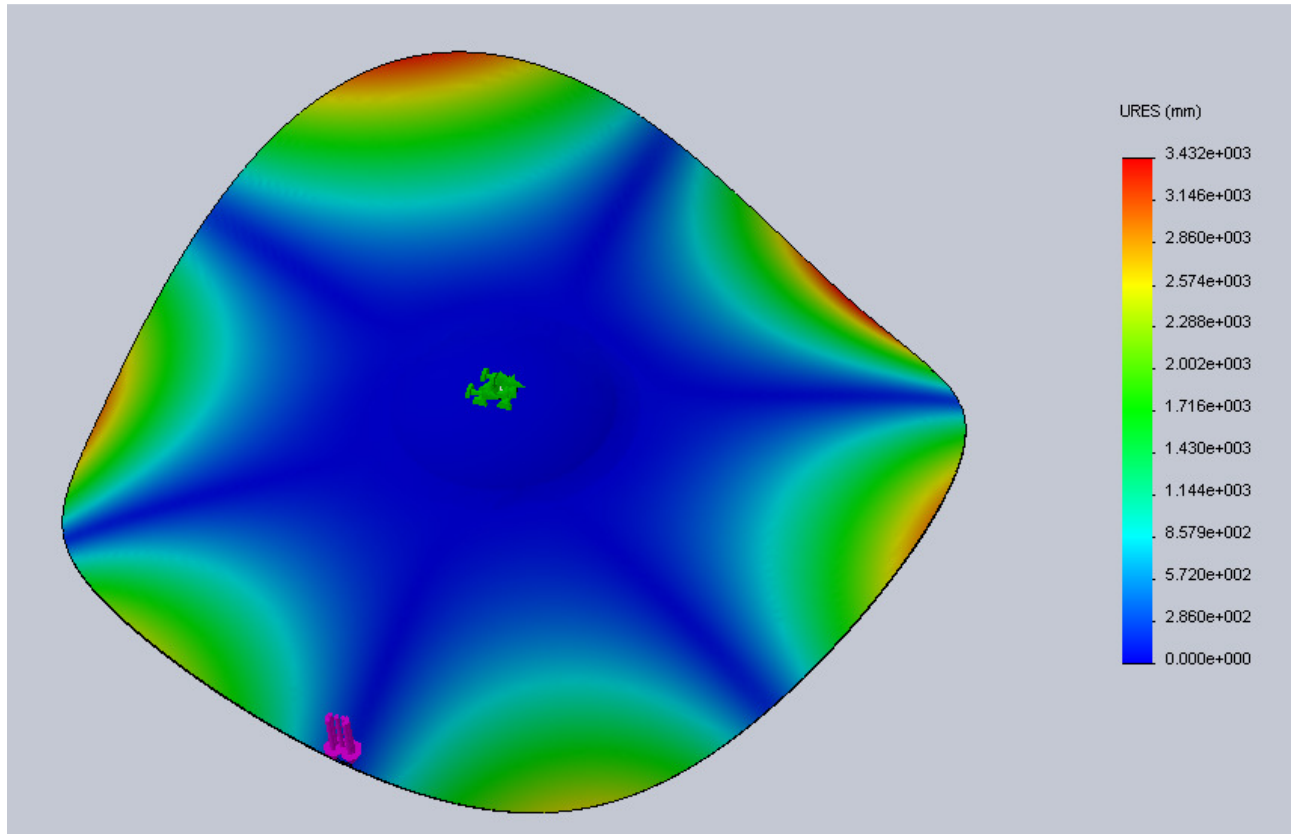


Figura 93: Crash 16" modo 5

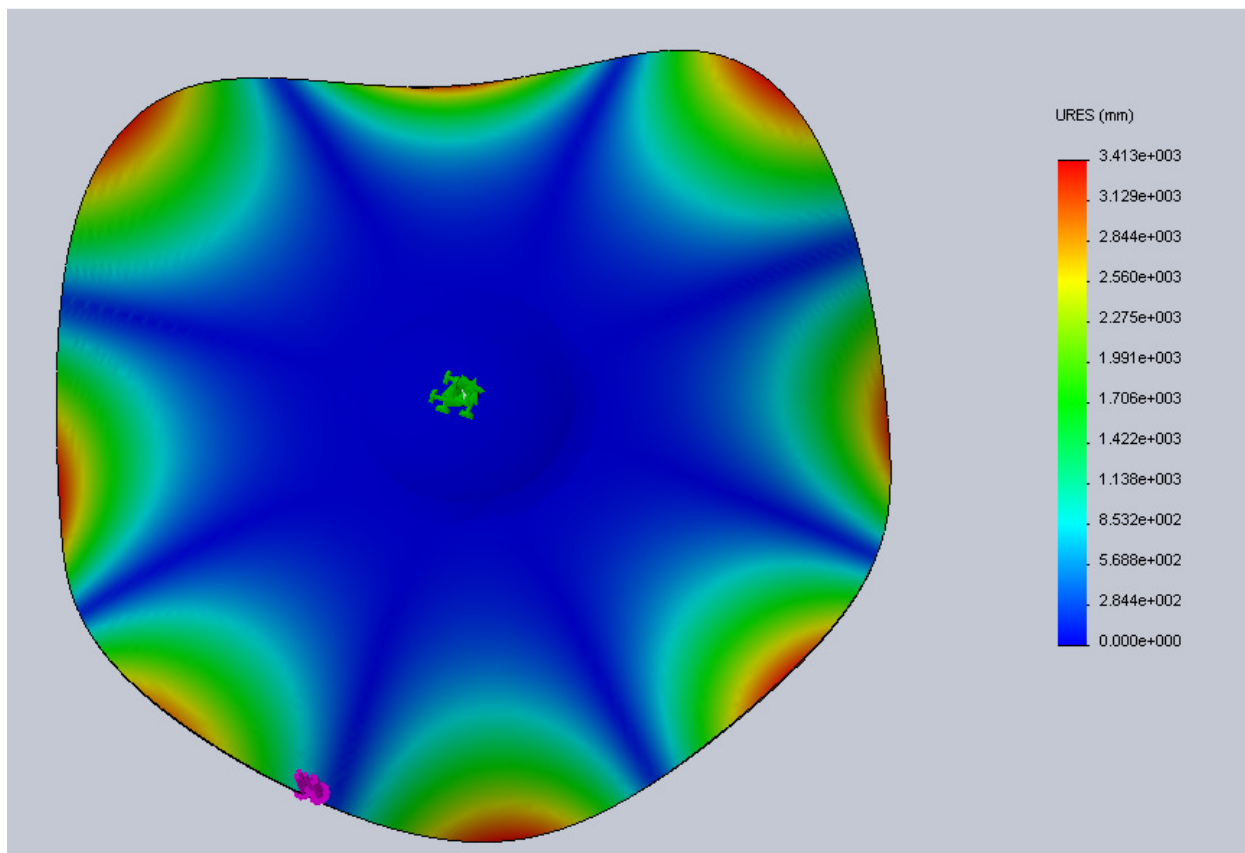


Figura 94: Crash 16" modo 8

Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundo)
1	193.08	30.729	0.032543
2	194.53	30.96	0.0323
3	236.96	37.714	0.026516
4	246.8	39.28	0.025458
5	305.35	48.598	0.020577

Tabla 38: Frecuencias resonantes plato crash

### 6.2.5. Plato Ride 20"

- Estudio Estático:

Tras aplicar una restricción en el agujero interno y una fuerza de 2.9 N sobre la cara superior a una distancia media aproximada entre el extremo y el centro del plato se obtiene los siguientes resultados de tensiones y deformaciones:

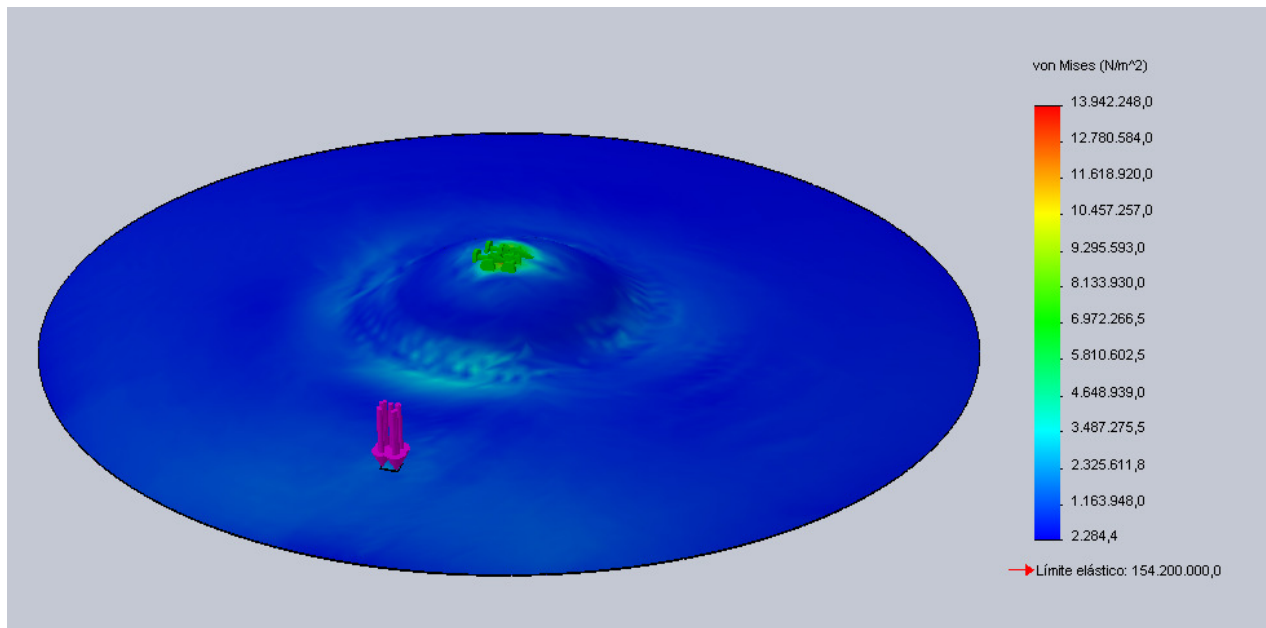


Figura 95: Tensiones Ride 20"

Aparece una tensión máxima en el centro del plato de 13.94 N/m<sup>2</sup> (Pa)

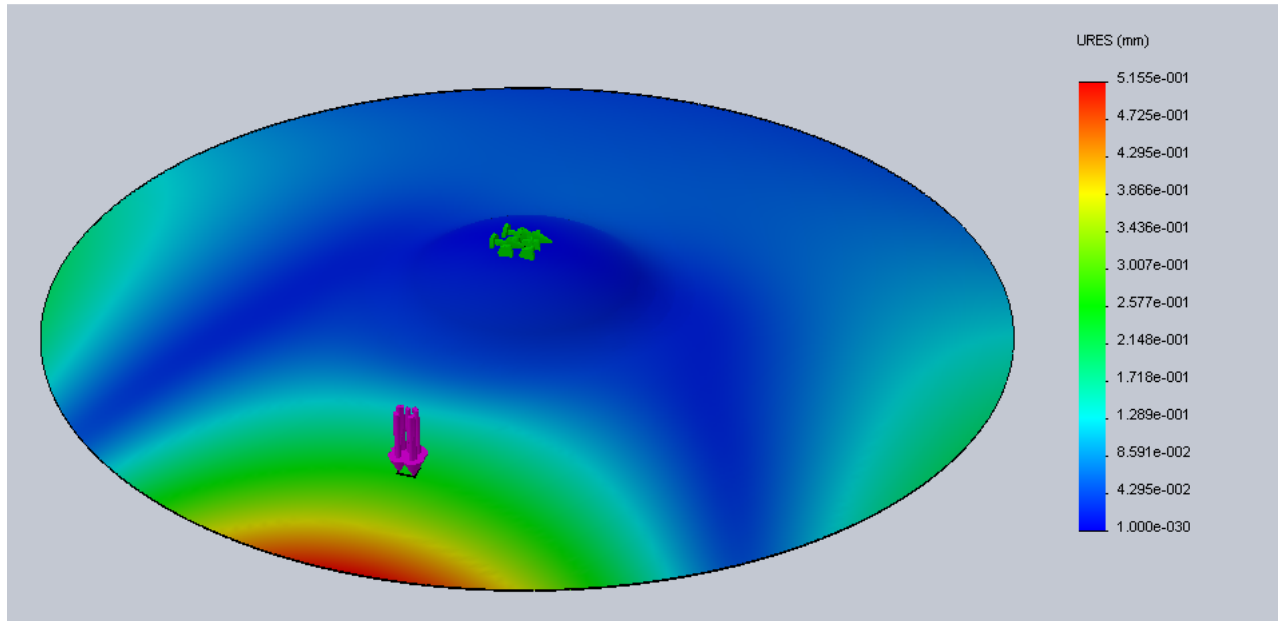


Figura 96: Desplazamientos Ride 20"

Se obtiene un desplazamiento máximo en el extremo del plato donde está situada la carga de 1.67 mm.

- Estudio de Frecuencia:

Se aplican las mismas sujeciones y cargas que en el estudio estático y se obtienen los siguientes resultados de desplazamientos. En los ensayos de frecuencia la escala de valores de la leyenda representa los desplazamientos relativos entre los nodos.

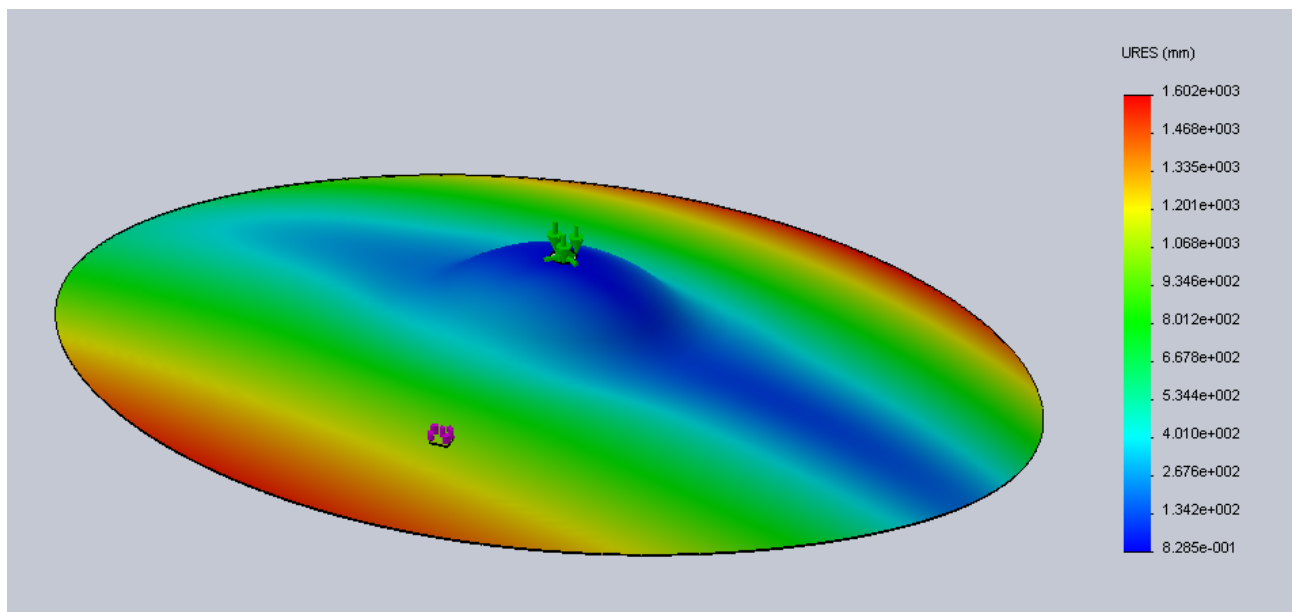


Figura 94: Ride 20" modo 1

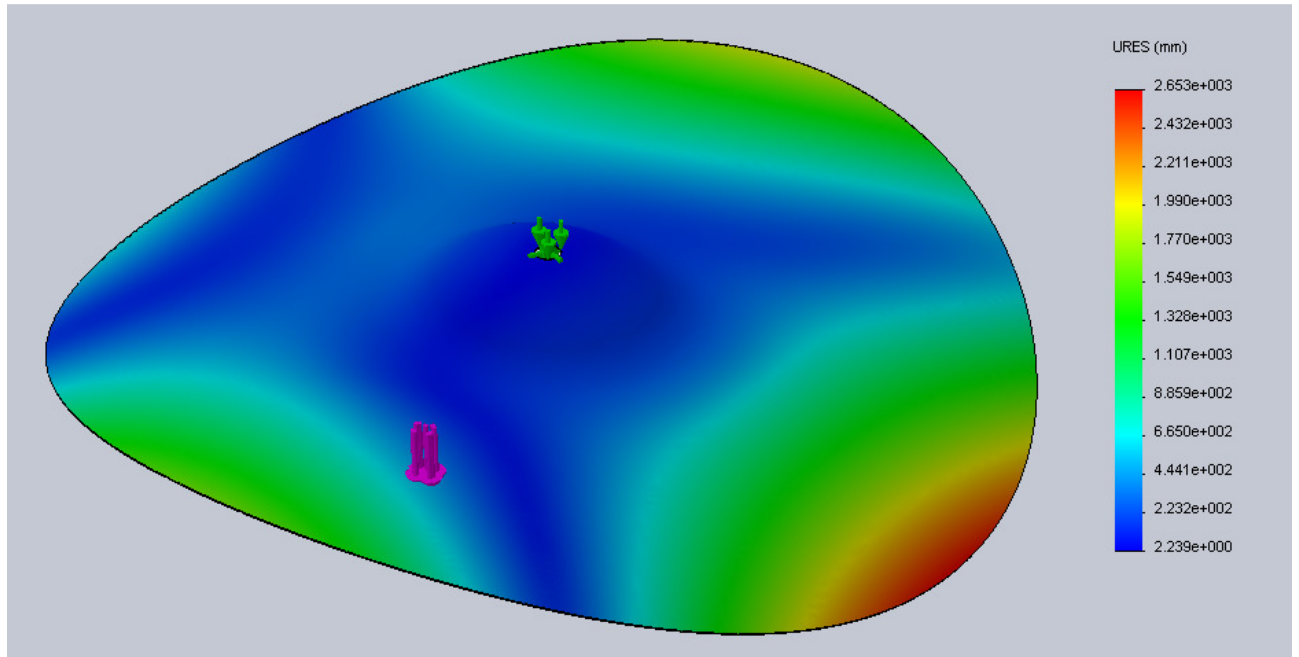


Figura 95: Ride 20" modo 2

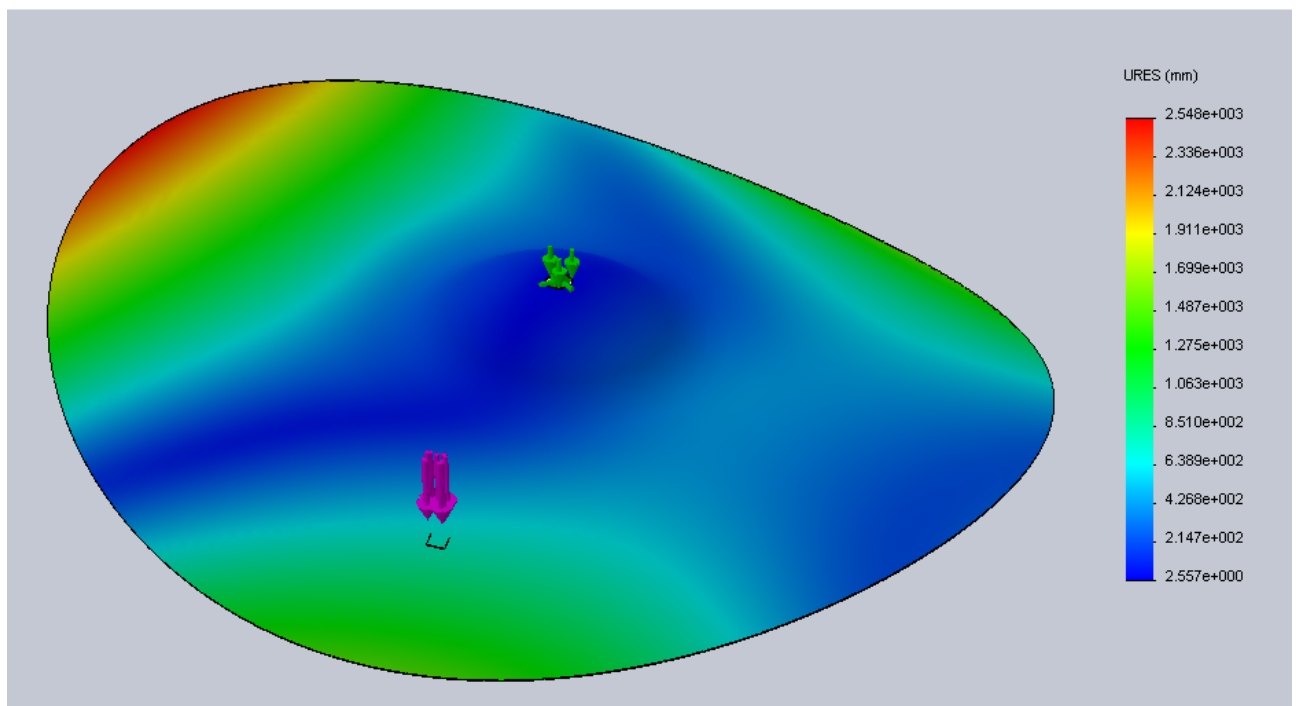


Figura 96: Ride 20" modo 3



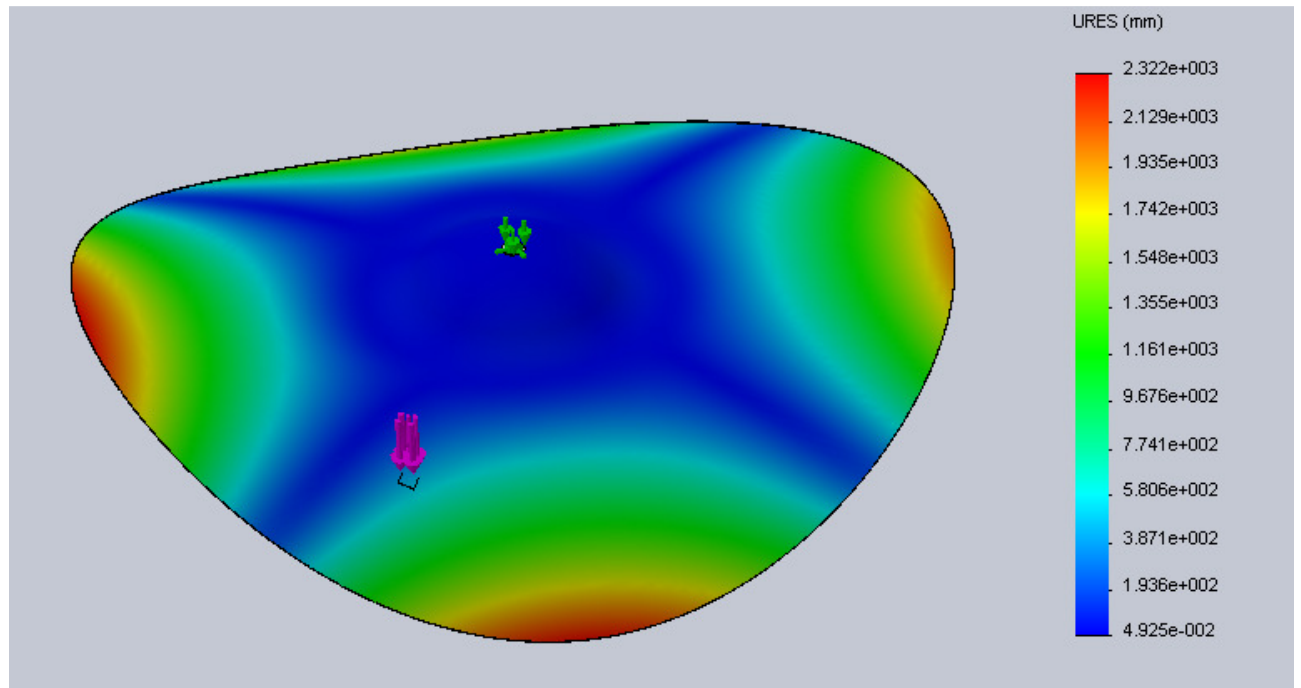


Figura 97: Ride 20" modo 4

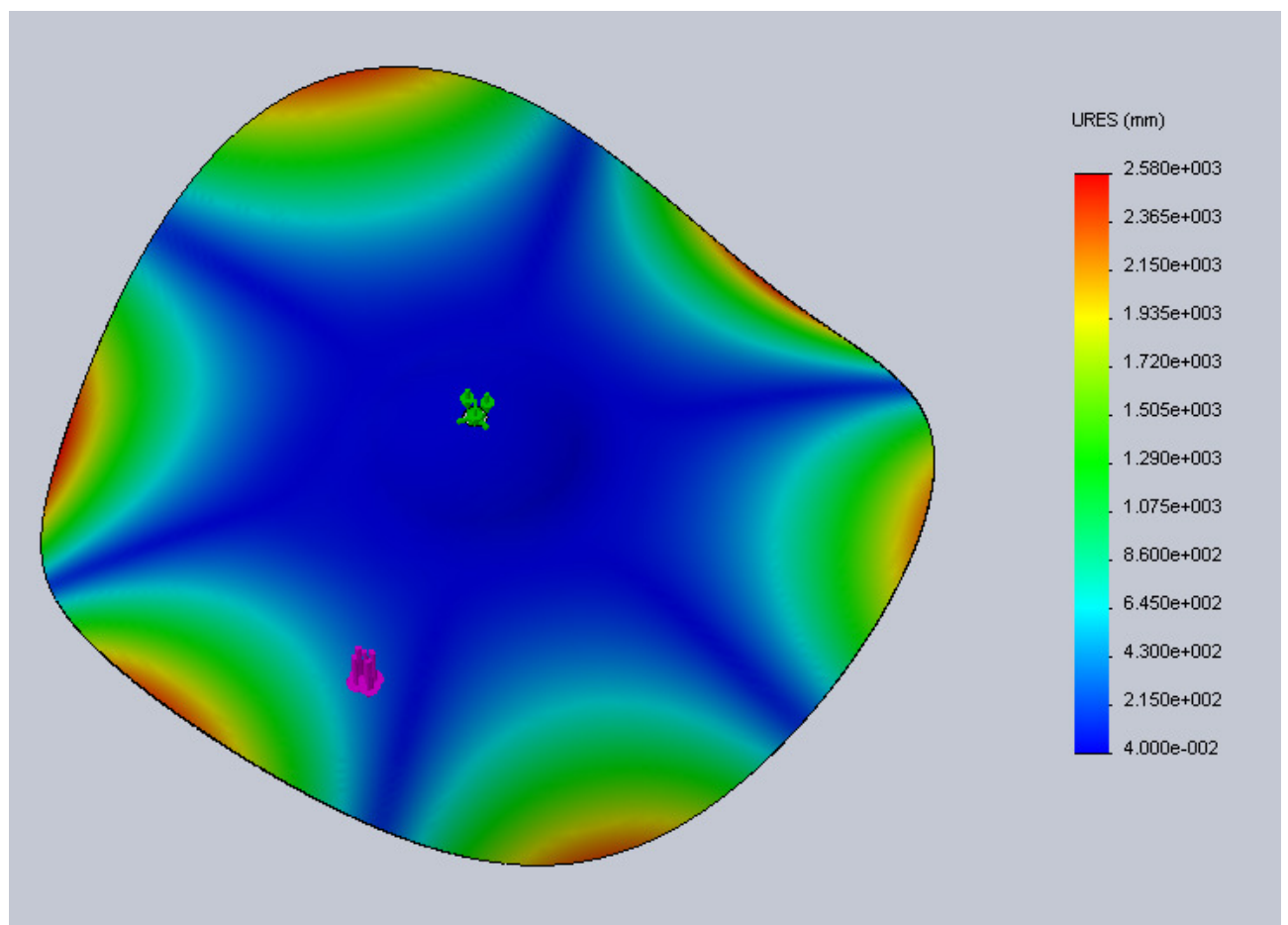


Figura 98: Ride 20" modo 5



Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	181.9	28.95	0.034542
2	191.84	30.532	0.032753
3	194.65	30.98	0.032279
4	215.03	34.224	0.02922
5	228.2	36.32	0.027533

Tabla 39: Frecuencias resonantes plato Ride

### 6.2.6. Plato efex 16"

Estudio Estático:

Tras aplicar una restricción en el agujero interno y una fuerza de 9.5 N en el extremo del plato se obtiene los siguientes resultados de tensiones y deformaciones:

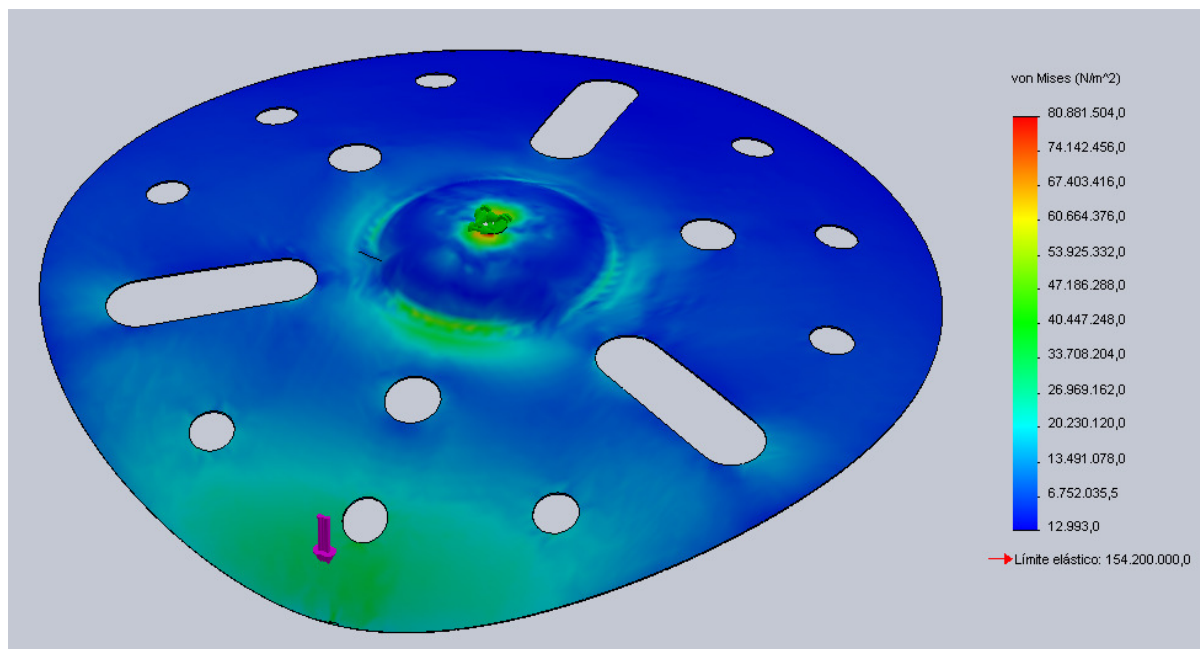


Figura 99: Tensiones efex 16"

Aparece una tensión máxima en el centro del plato de 80.88 N/m<sup>2</sup> (Pa)

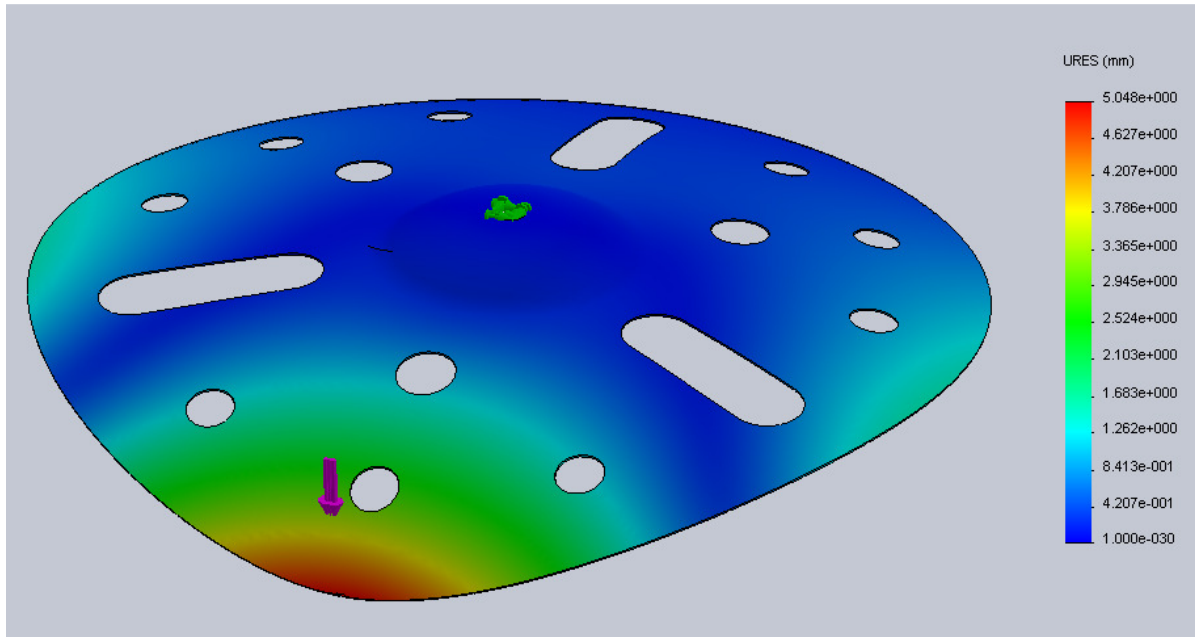


Figura 100: Desplazamientos efex 16"

Se obtiene un desplazamiento máximo en el extremo del plato donde está situada la carga de 5.05 mm.

- Estudio de Frecuencia:

Se aplican las mismas sujeciones y cargas que en el estudio estático y se obtienen los siguientes resultados de desplazamientos. En los ensayos de frecuencia la escala de valores de la leyenda representa los desplazamientos relativos entre los nodos.

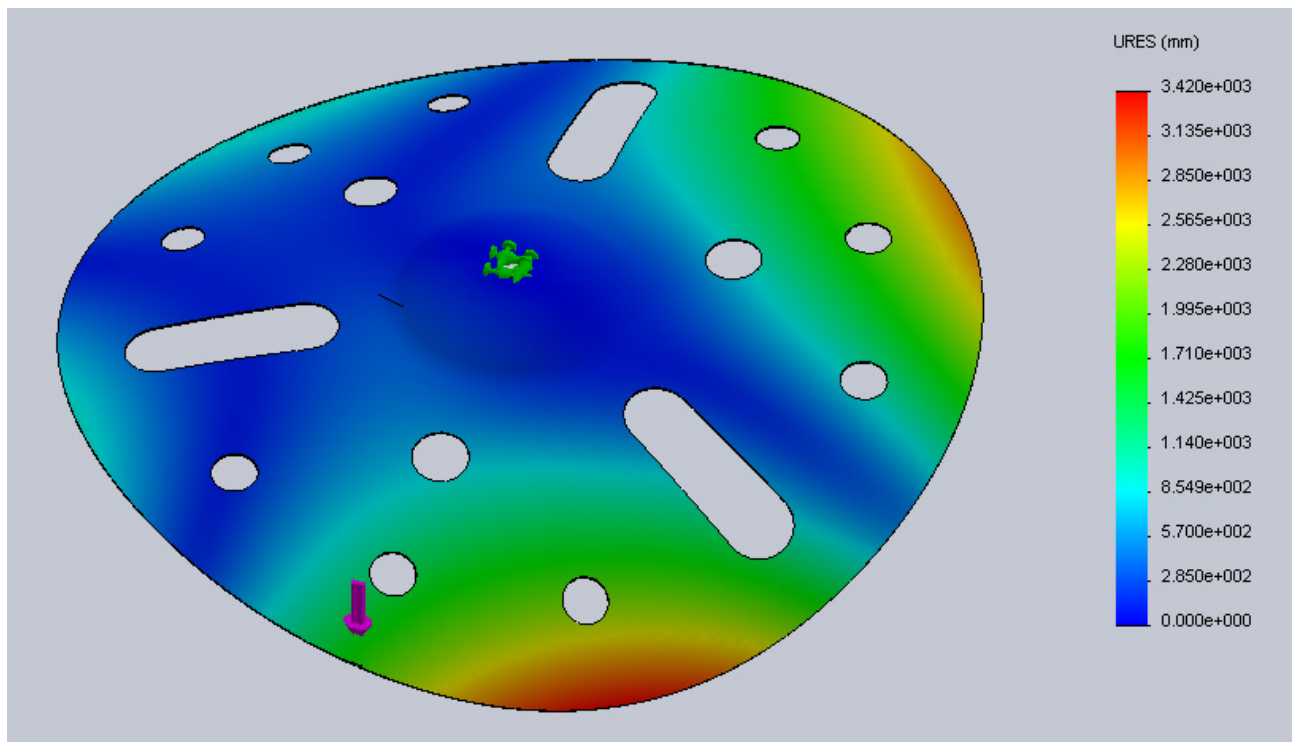


Figura 101: efex 16" modo 1

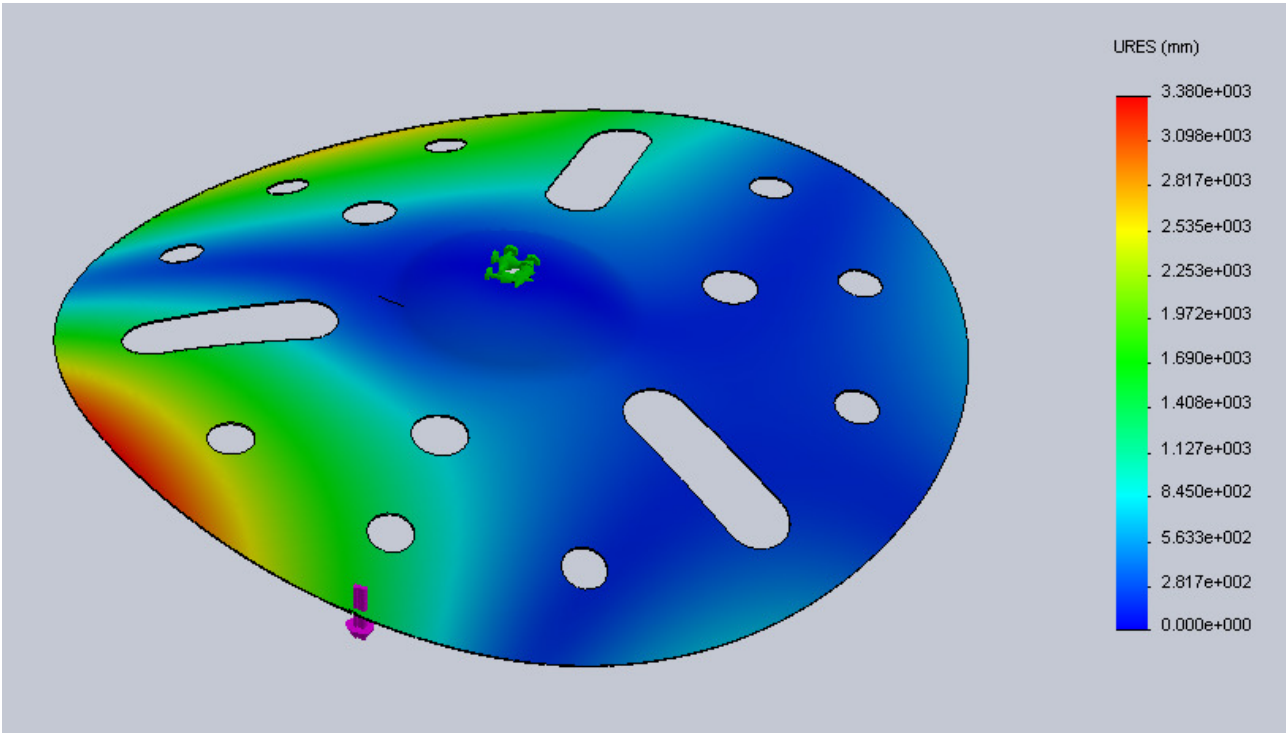


Figura 102: efex 16" modo 2

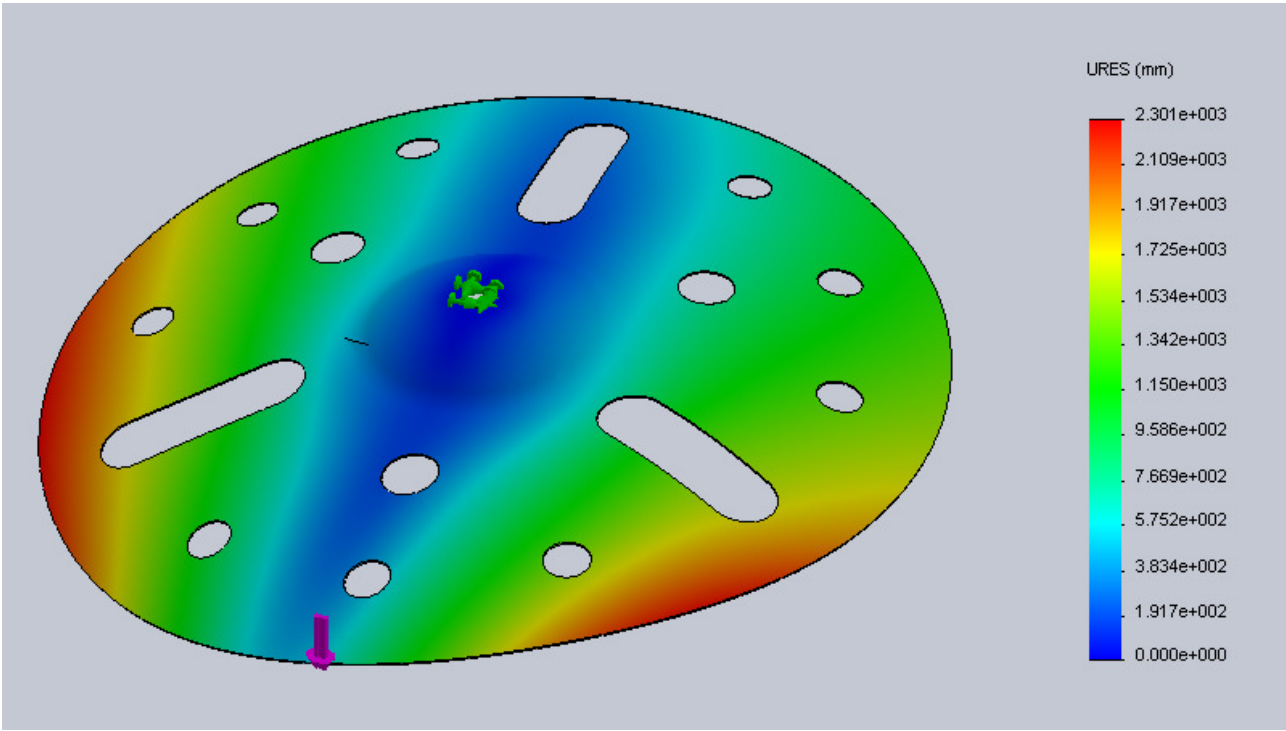


Figura 103: efex 16" modo 3

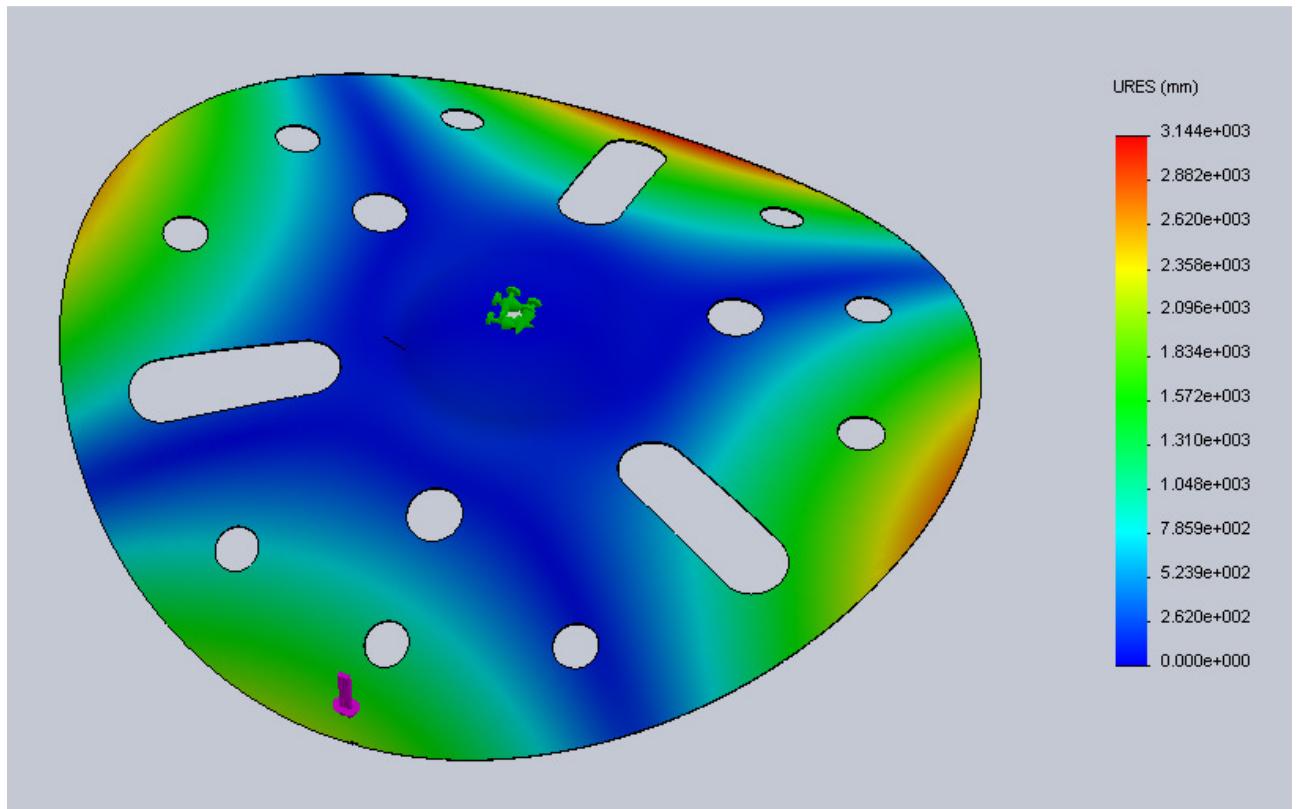


Figura 104: efex 16" modo 4

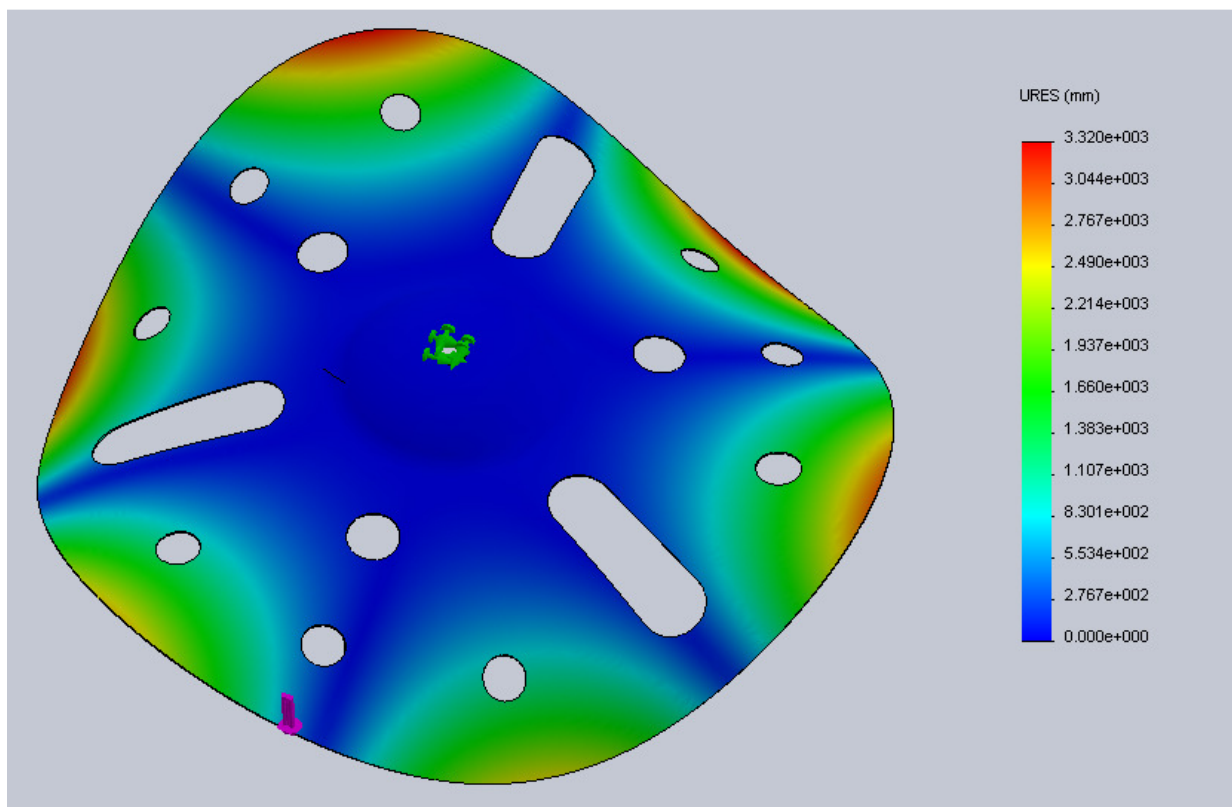


Figura 105: efex 16" modo 5

Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	181.64	28.909	0.034591
2	183.7	29.236	0.034204
3	186.06	29.612	0.03377
4	200.76	31.952	0.031297
5	284.36	45.257	0.022096

Tabla 40: Frecuencias resonantes plato efex

### 6.2.7. Plato Crash 16" aleación B8.

- Estudio estático:

Tras aplicar una restricción en el agujero interno y una fuerza de 9.5 N en el extremo del plato se obtiene los siguientes resultados de tensiones y deformaciones:

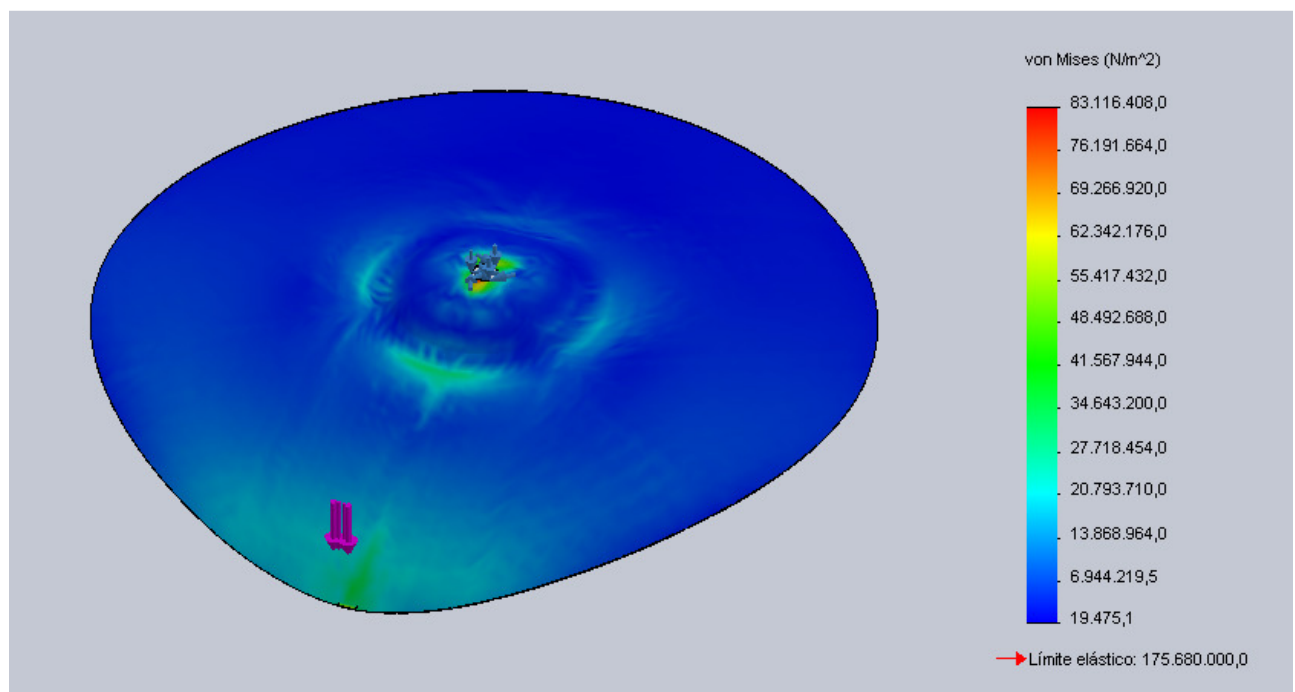


Figura 106: Tensiones crash B8

Aparece una tensión máxima en el centro del plato de 83.12 N/m<sup>2</sup> (Pa)



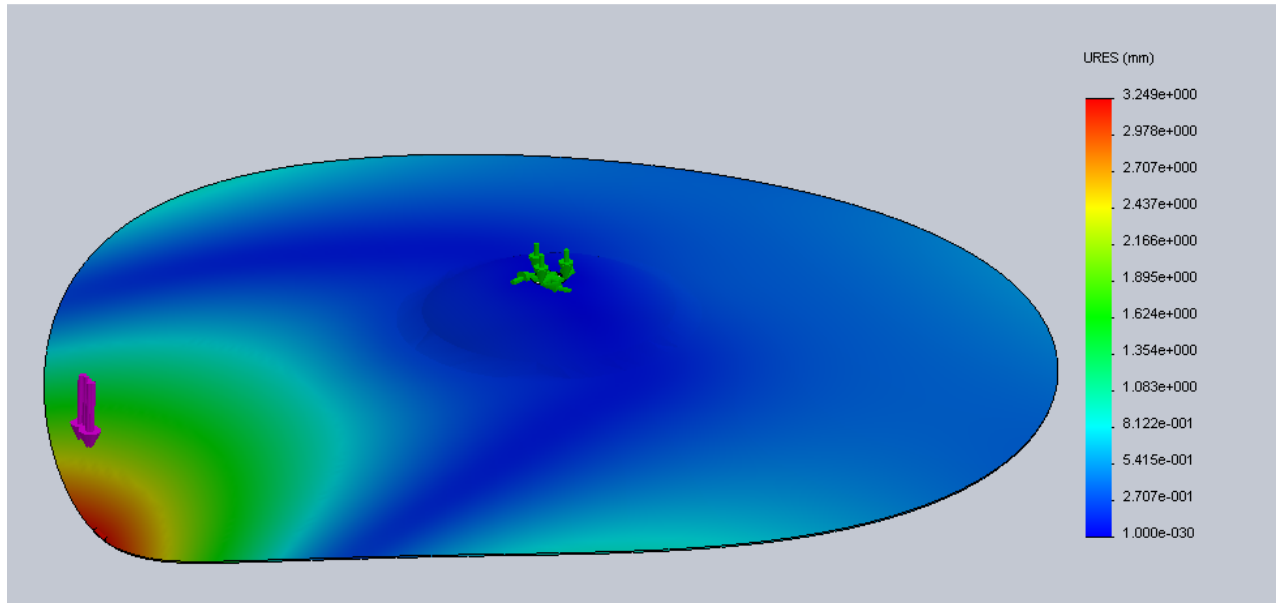


Figura 107: Desplazamientos crash B8

Se obtiene un desplazamiento máximo en el extremo del plato donde está situada la carga de 3.24 mm.

- Estudio de Frecuencia:

Se aplican las mismas sujeciones y cargas que en el estudio estático y se obtienen los siguientes resultados de desplazamientos. En los ensayos de frecuencia la escala de valores de la leyenda representa los desplazamientos relativos entre los nodos.

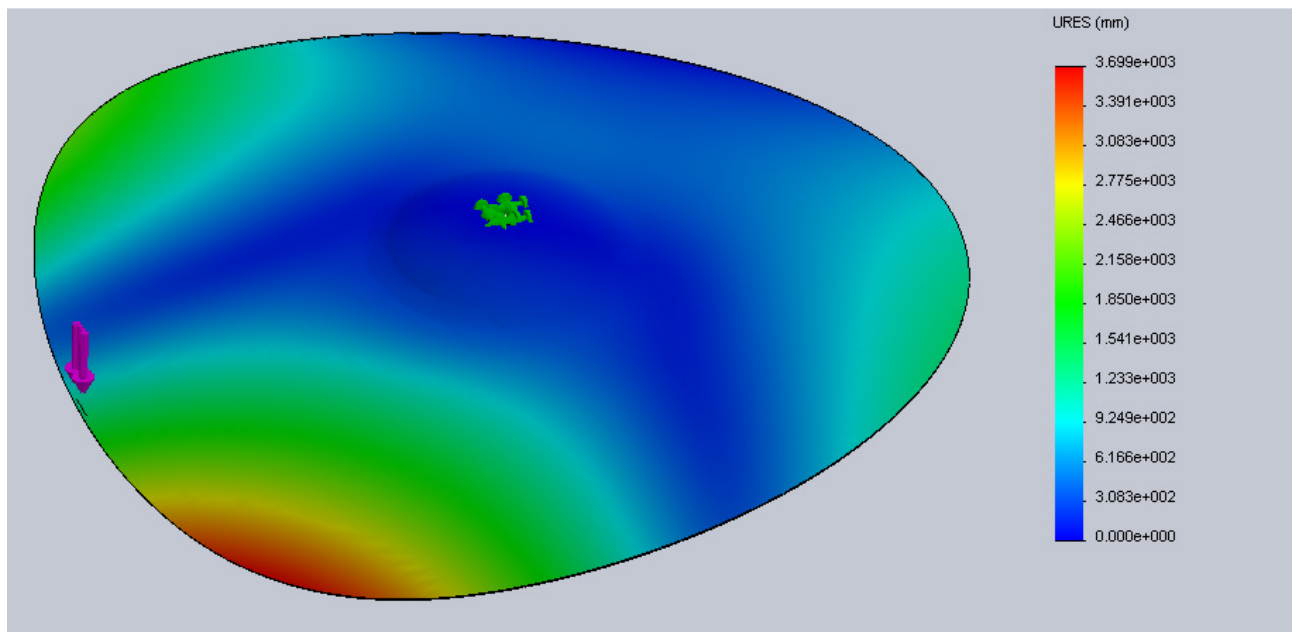


Figura 108: crash B8 modo 1



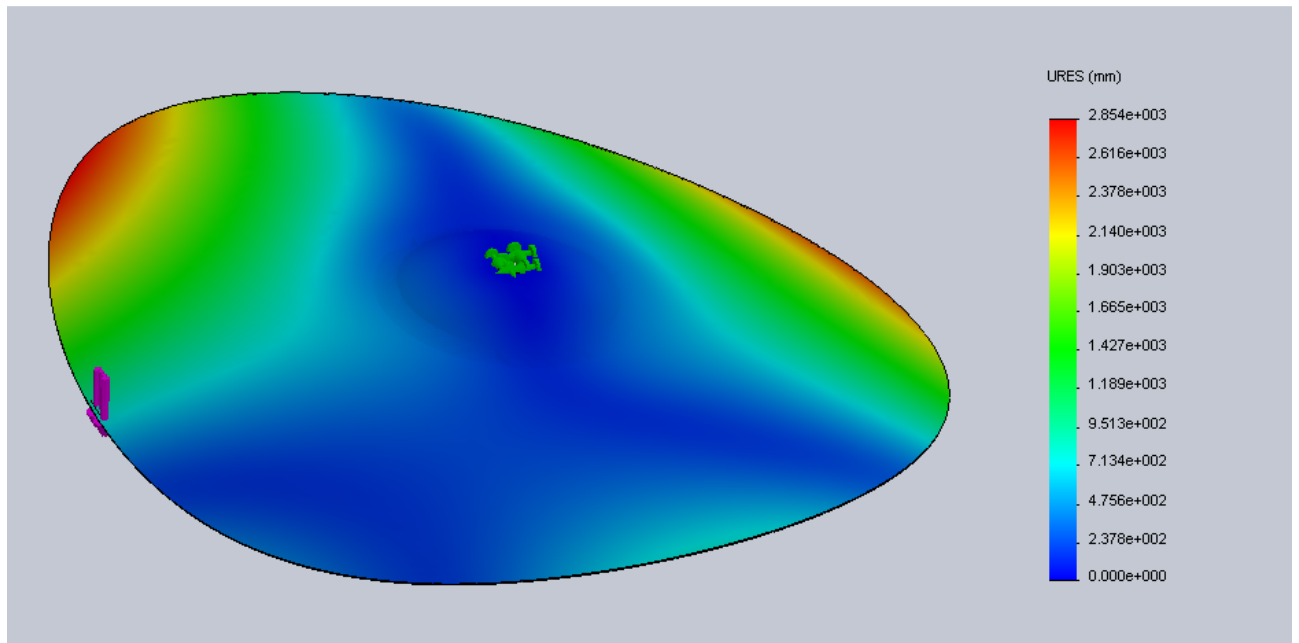


Figura 109: crash B8 modo 2

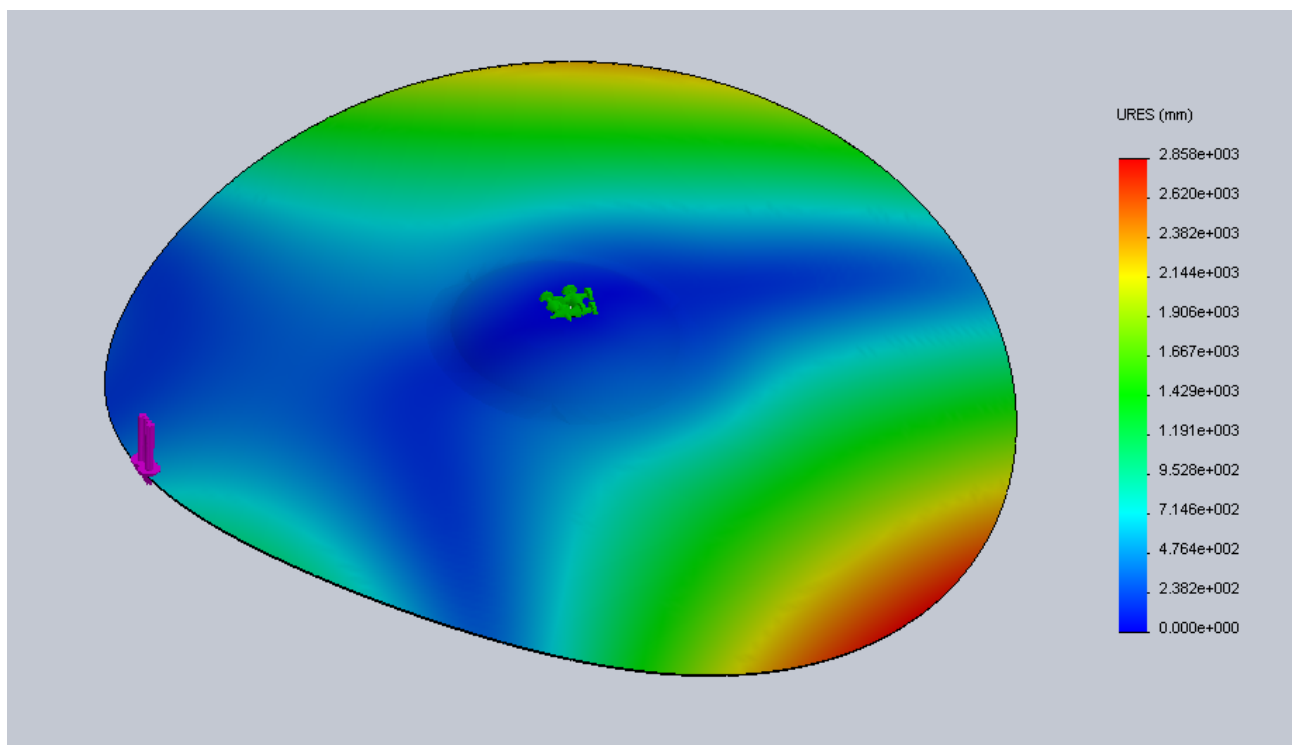


Figura 110: crash B8 modo 3

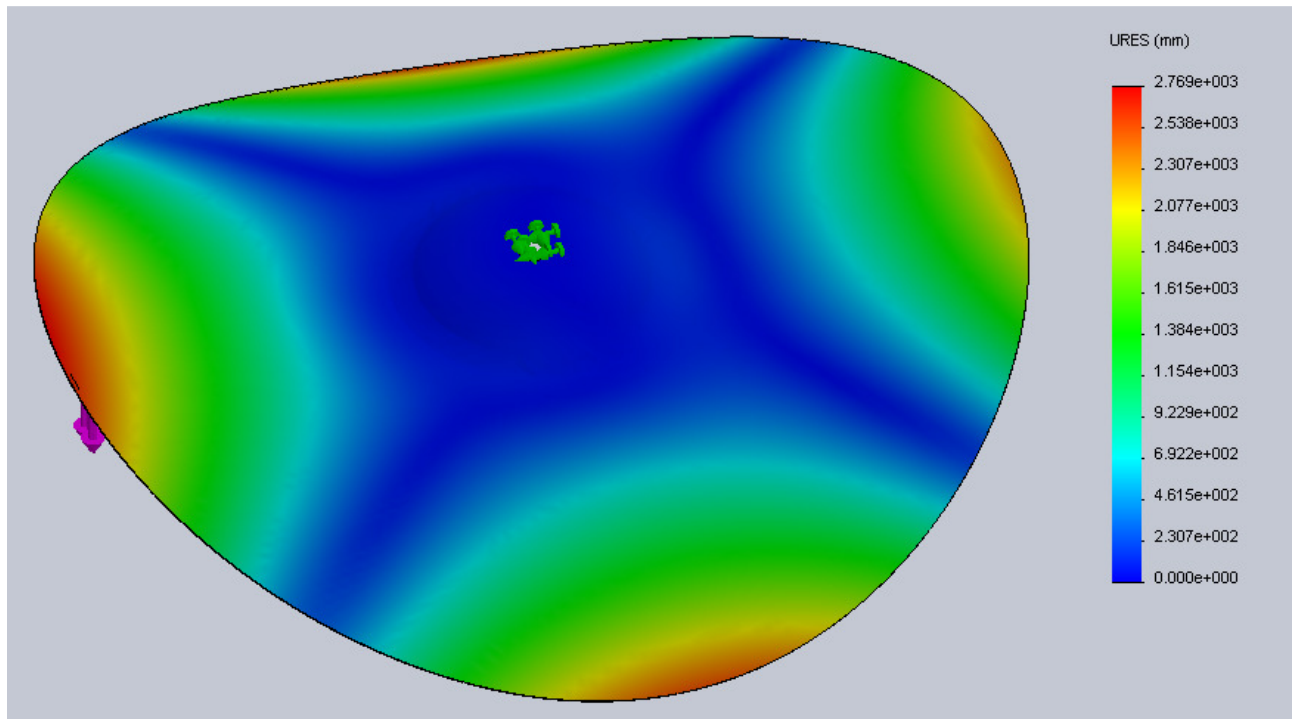


Figura 111: crash B8 modo 4

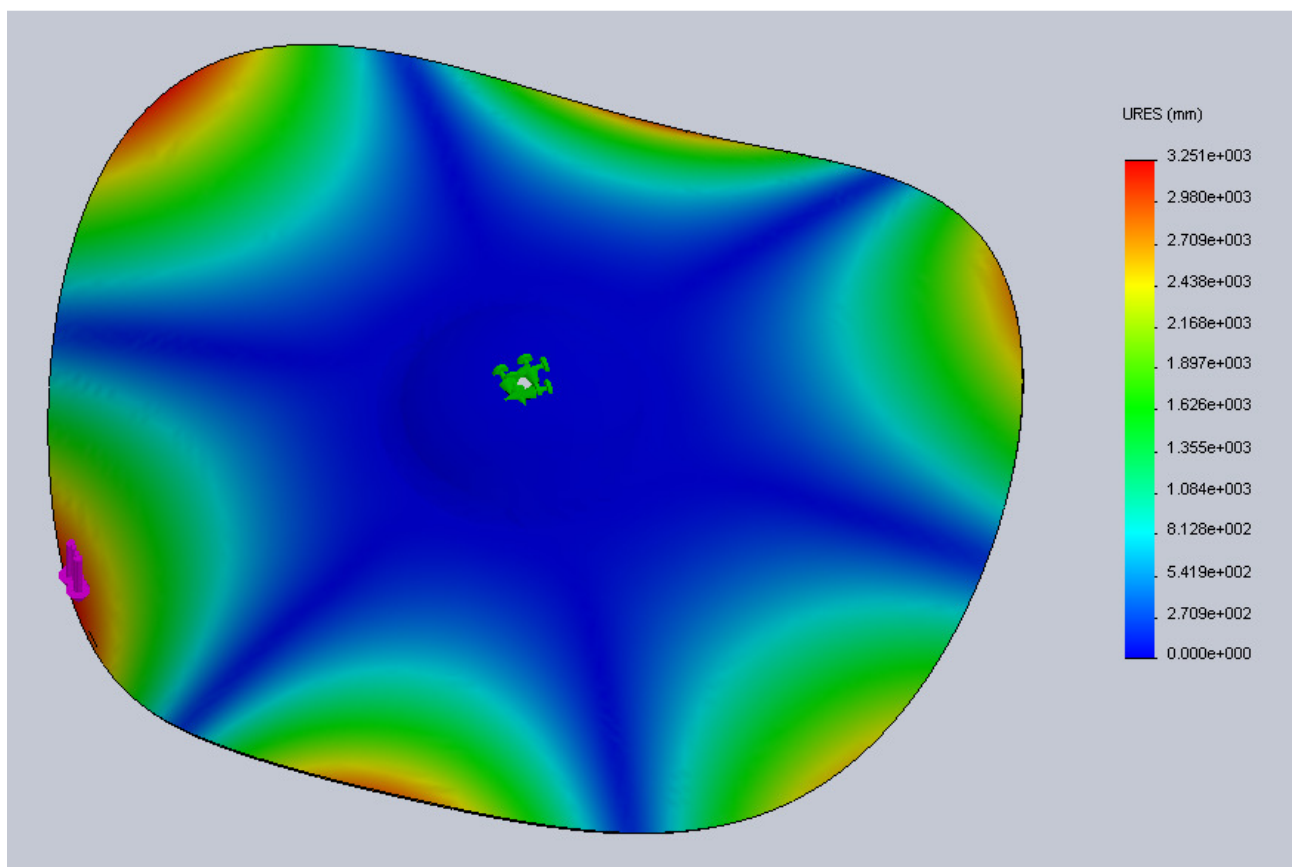


Figura 112: crash B8 modo 5

Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	279.31	44.454	0.022495
2	281.48	44.799	0.022322
3	288.93	45.984	0.021747
4	295.4	47.014	0.02127
5	350.25	55.744	0.017939

*Tabla 41: Frecuencias resonantes plato crash B8*

Tras observar todos los resultados obtenidos, de los dos parches el de caja soporta mayor tensión (9.48 Pa) pero el parche del bombo tiene mayor deformación (9.29 mm). En los platos se observa que la mayor tensión es sufrida en el plato crash 16" (145.62) Pa pero la mayor deformación la sufre el plato efex, que bajo las mismas condiciones de carga que el crash, sufre un desplazamiento de 5.05 mm frente a los 4.40 del crash.

Si comparamos los valores de los estudios entre los platos de 16" (Crash B20, efex y crash B8) que se han sometido a estos estudios bajo las mismas sujeciones y cargas, el de mayor tensión es el plato crash B8, el de mayor deformación es el plato efex, permaneciendo los valores de tensión y desplazamiento del plato crash B8 por debajo de los otros dos platos. Esto es debido a que la aleación B8 tiene mayor proporción de cobre, el cual tiene mayor límite elástico y le da más consistencia al plato, siendo así menores las tensiones y los desplazamientos en esta aleación que en la B20.

### 6.3. Resultados estudios ergonómicos.

#### 6.3.1. Método OWAS.

Tras analizar las imágenes del vídeo y obtener las observaciones para las diferentes fases de trabajo que se han realizado y haciendo una parada en el video para observar la postura cada cierto tiempo (5 o 10 segundos) se han obtenido las siguientes tablas de resultados.

Las diferentes fases del trabajo que se han definido son las siguientes:



The image shows a software window titled "Fases de trabajo" with a blue header bar. Inside the window, there is a list of work phases from 0 to 9. Each phase has a corresponding text input field. The input fields for phases 0 through 7 contain the following text: "Ritmo en hi-hat", "Ritmo en Ride", "Ritmo en Crash", "Ritmo en toms", "Ritmo toms 2", "Ritmo mixto", "Canción 1", and "Canción 2". The input fields for phases 8 and 9 are empty. To the right of the list, there are two buttons: "OK" and "Cancelar".

Fase de trabajo	Descripción
Fase de trabajo 0	Ritmo en hi-hat
Fase de trabajo 1	Ritmo en Ride
Fase de trabajo 2	Ritmo en Crash
Fase de trabajo 3	Ritmo en toms
Fase de trabajo 4	Ritmo toms 2
Fase de trabajo 5	Ritmo mixto
Fase de trabajo 6	Canción 1
Fase de trabajo 7	Canción 2
Fase de trabajo 8	
Fase de trabajo 9	

*Tabla 42: Fases de trabajo*

Para cada fase, se visualiza el vídeo y según la postura se obtiene un código postural y en función de este, aparece en una categoría o en otra.

- Ritmo básico en Hi-Hat.

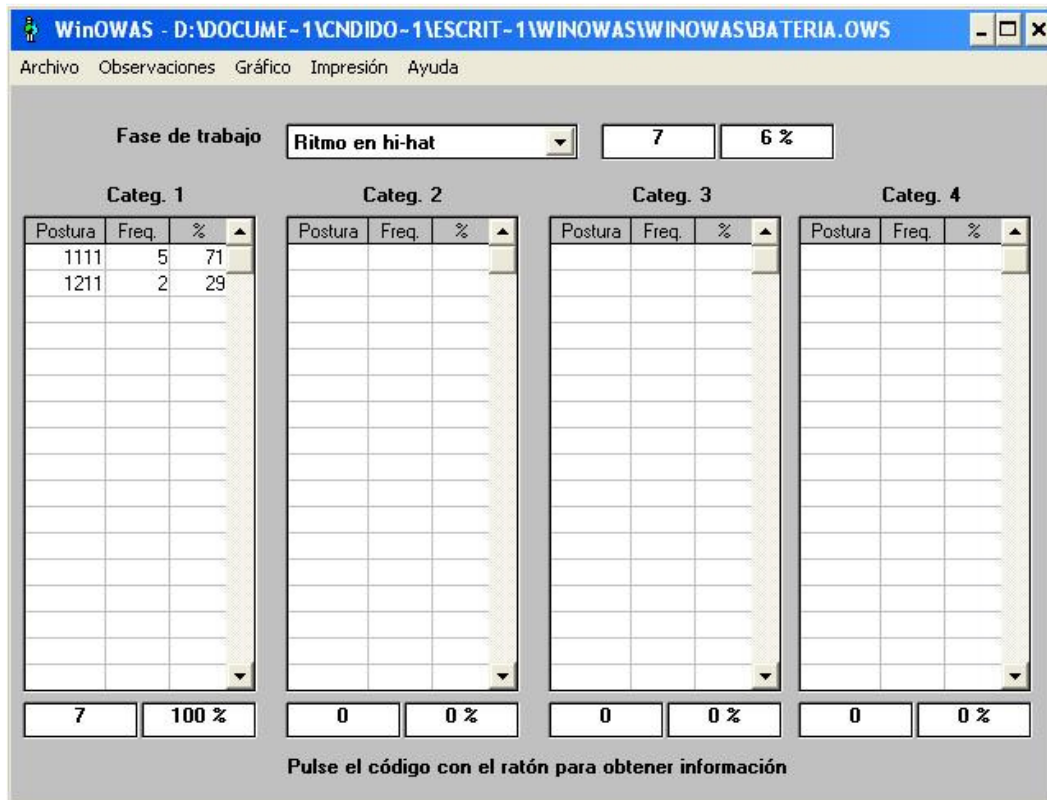


Tabla 43: Categorías Hi-Hat

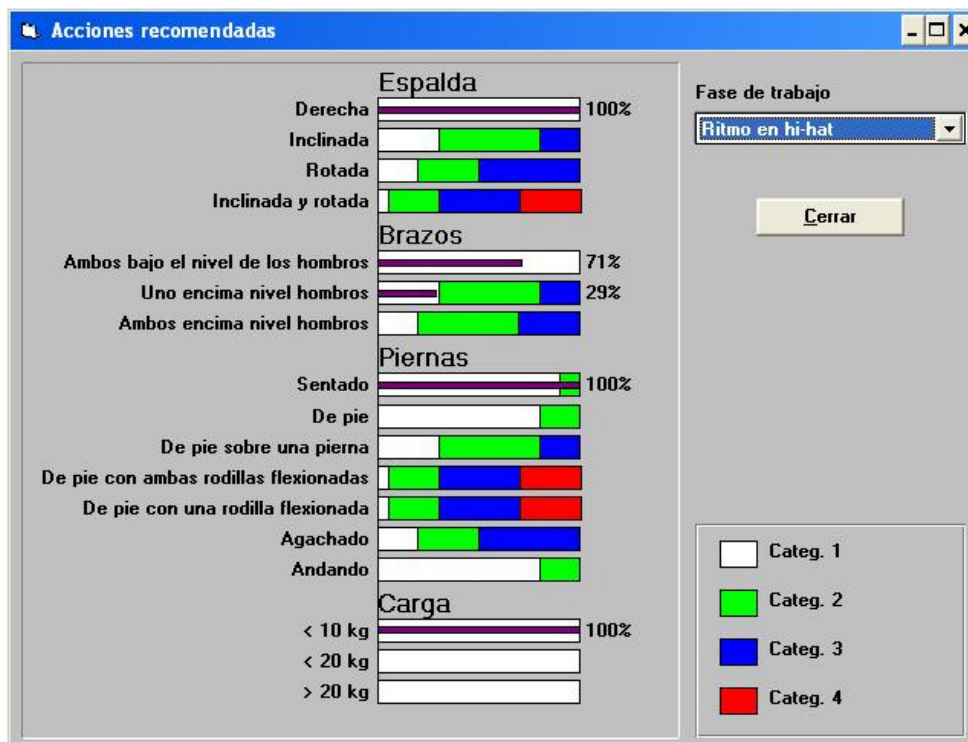


Tabla 44: Acciones Hi-Hat





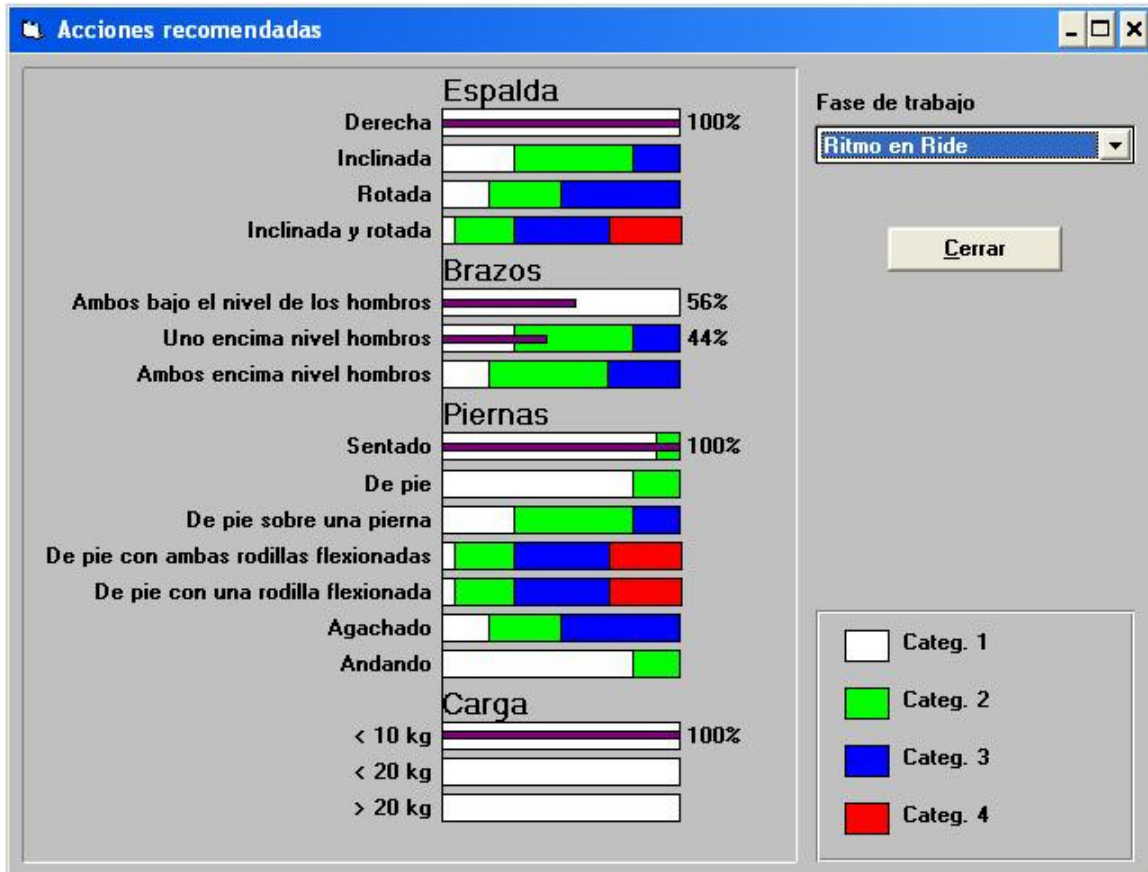
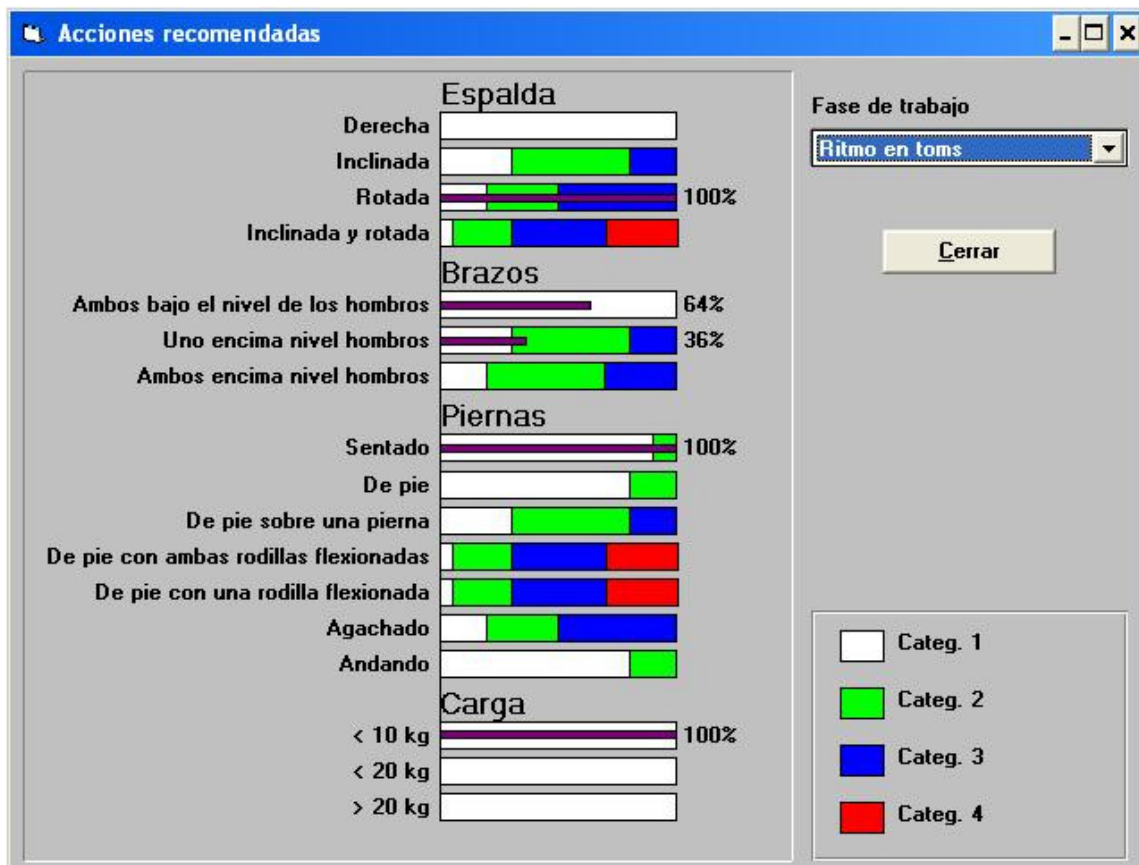


Tabla 46: Acciones Ride

También para este segundo ritmo en el ride, todas las observaciones son introducidas como de categoría 1. Al igual que sucede con el Hi-Hat, es un plato muy utilizado por lo que también esta próximo y a una altura baja.







*Tabla 50: Acciones Tom base*

Para este ritmo, realizado sobre el tom base más que se encuentra en la situación más desfavorable, en la primera tabla ya aparece observaciones en la categoría 2, pero en la segunda tabla, como todas las observaciones se ve que la cintura está rotada, aparece la barra de porcentaje sobre la categoría 3, la cual según el método, esta es una postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.



En el segundo ritmo con toms también se puede ver en la primera tabla que aparecen observaciones en la categoría 2. Pero al igual que en el ritmo anterior, por el porcentaje de las observaciones en las que la cintura está rotada, en la segunda tabla aparece hasta una categoría 3.

- Ritmo mixto.

Fase de trabajo		
Ritmo mixto		
9	8 %	
<b>Categ. 1</b>		
Postura	Freq.	%
1111	6	67
1211	1	11
7 78 %		
<b>Categ. 2</b>		
Postura	Freq.	%
3211	1	11
3311	1	11
2 22 %		
<b>Categ. 3</b>		
Postura	Freq.	%
0 0 %		
<b>Categ. 4</b>		
Postura	Freq.	%
0 0 %		

Pulse el código con el ratón para obtener información

*Tabla 53: Categorías mixto*



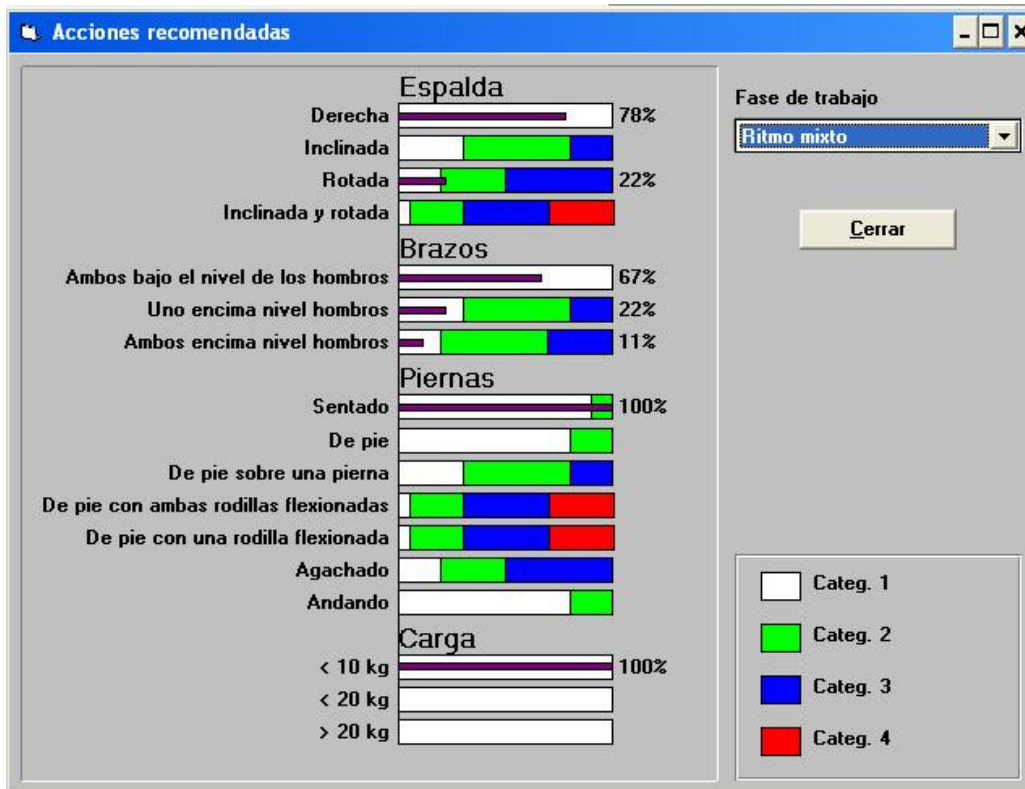


Tabla 54: Acciones mixto

En este ritmo mixto, donde se han combinado los ritmos anteriores con enlaces entre ellos, aparecen observaciones en la categoría 2. Con este ritmo mixto se observa que al bajar la frecuencia con la que se realiza ritmo sobre los tom, ya la cintura no está rotada tanto tiempo, por lo que no llega a la categoría 3.







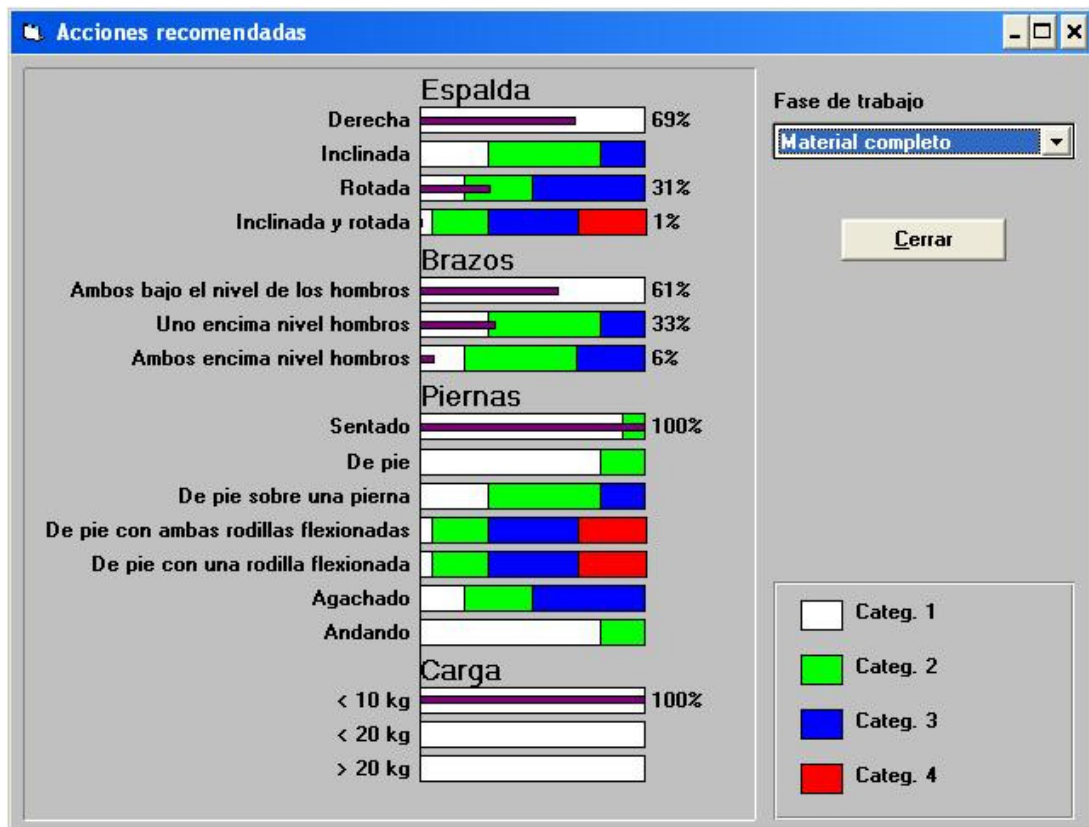


Tabla 60: Acciones global

En esta tabla se puede ver el completo de observaciones, y donde se aprecia que la mayoría de las observaciones se encuentran en la categoría 1 y solo un 7% del total de observaciones pertenecen a la segunda categoría.

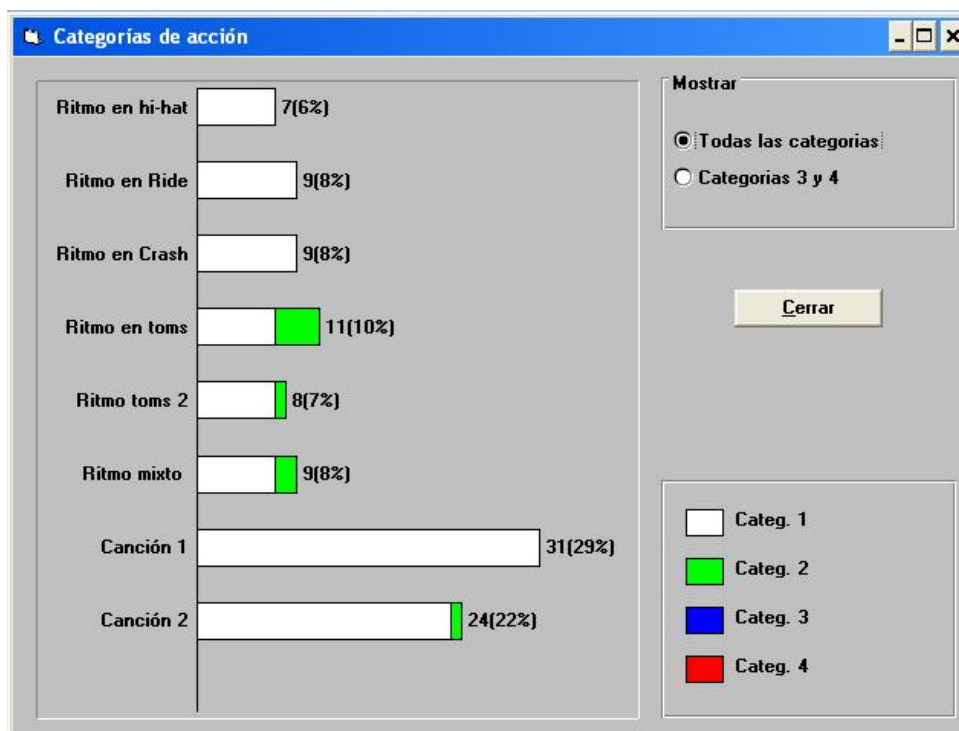


Tabla 61: Categorías de cada fase de trabajo

### **6.3.2. Método OCRA.**

Para el método OCRA se va a calcular el índice para el cual hace falta previamente obtener una serie de factores que serán necesarios para el cálculo.

- Factor de recuperación:

Se ha seleccionado para este factor la cuarta opción de la tabla con una puntuación de **4 puntos**.

- Factor de frecuencia:

Para este factor, se ha seleccionado la puntuación de la tabla para acciones técnicas dinámicas ya que se está en continuo movimiento. La puntuación obtenida está entre las dos últimas opciones, ya que los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta pero si se realizan pausas (entre canción y canción). Por lo tanto la puntuación es de **9 puntos**.

- Factor de fuerza:

Se presentan las siguientes acciones para el baterista de las que aparecen en la tabla:

- maneja o aprieta componentes
- eleva y sujeta objetos.

En cuanto a la intensidad del esfuerzo se puede clasificar como " un poco duro" lo que obtiene una puntuación sobre la escala de Borg de 3, por lo que se tiene que extraer la puntuación en la tabla de fuerza moderada.

Si la duración de aplicación de la fuerza es casi todo el tiempo, obtenemos para este factor **8 puntos**.

- Factor de postura:

Para este factor se tiene que seleccionar la puntuación máxima entre cuatro (puntuaciones para hombro, codo, muñeca y manos) y a las que se le sumará en el caso de movimientos estereotipados otra puntuación.

- Puntuación Hombro: se ha seleccionado la segunda opción (los brazos se mantienen a la altura del los hombros y sin soporte más o menos el 10% del tiempo) con una puntuación de 2 puntos
- Puntuación Codo: se ha seleccionado opción intermedia (el codo realiza movimientos repentinos más de la mitad del tiempo) con una puntuación de 4 puntos.
- Puntuación Muñeca: se ha seleccionado la primera opción (la muñeca permanece doblada en una posición extrema menos de 1/3 del tiempo) con una puntuación de 2 puntos.



- Puntuación manos: para un tipo de agarre donde los dedos están apretando suavemente la baquetas, la duración del agarre es casi todo el tiempo, lo que corresponde una puntuación de 8 puntos.

Como también existen movimientos estereotipados donde la repetición de movimientos idénticos de hombro, codo, muñeca y dedos es casi todo el tiempo, se tendrá que sumar 3 puntos.

Por lo tanto la puntuación para el factor de postura son el máximo entre hombro, codo, muñeca y mano, el cual son 8 puntos y a éste se le suman 3 puntos por movimientos estereotipados, lo cual hace una puntuación final de **11 puntos**.

- Factores adicionales:

Para la puntuación debida a los factores se selecciona de una tabla opciones adicionales, las cuales, para éste caso son:

- La actividad implica golpear - 2 puntos.
- Se producen vibraciones. - 2 puntos.
- Se producen varios factores adicionales concurrentes durante todo el tiempo - 3 puntos.

Como el ritmo de trabajo en este caso se impone en función del estilo que se esté tocando, puede variar por lo tanto se sumara 1 punto la puntuación anterior. La puntuación de factores adicionales es de 3 más 1 punto por el ritmo de trabajo, en total **4 puntos**.

-Multiplicador correspondiente a la duración del movimiento repetitivo:

Para un concierto o ensayo, la duración puede ser entre 2 y 3 horas, en el caso de un baterista de orquesta la duración es mayor, aunque tiene descansos aproximadamente cada 2 horas y media. Por lo tanto se ha seleccionado un **multiplicador de 0.65**

Por lo tanto el cálculo final del índice del método OCRA es:

$$\text{Índice OCRA} = (4 + 9 + 8 + 11 + 4) \times 0.65 = \mathbf{23.4}$$

El índice OCRA obtenido es de 23.4 por lo tanto está dentro de un **nivel alto**, por lo que se recomienda una mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento.

## **V. CONCLUSIONES.**

### **7.1. Conclusiones análisis por método de elementos finitos**

Tras observar los resultados obtenidos de los estudios estáticos y de frecuencias realizados, se puede decir que los platos y parche no rompen por la tensión a la que están sometidos al ser golpeados, ya que sus límites elásticos y de rotura son elevados, del orden de MPa y las tensiones obtenidas no sobrepasan los 150 Pa. Por lo que el motivo de que los elementos vibrantes de la batería llegaran a romper será por frecuencia y por fatiga.

Un plato puede romper por dos partes, o bien desde el agujero central, donde se concentran los mayores tensiones o por la parte externa, donde si se produce una rotura, y el plato se sigue usando, esta va creciendo en dirección al centro del plato.

La rotura por fatiga serán las que aparecen en el agujero interior, ya que como se ha dicho antes, es el lugar donde se encuentran las mayores tensiones, lo hace que la posibilidad de romper por fatiga sea mayor.

Otra cosa que aumenta la probabilidad de este tipo de rotura, es que no esté bien aislado el soporte del plato. Esto se consigue con unas pequeñas piezas plásticas, pero con el uso, éstas si rompen, lo que permite el contacto entre el acero del soporte con la aleación de bronce del plato.

Para el otro caso, se trata entonces de una rotura por frecuencia, ya que en el borde exterior del plato es donde se producen los mayores desplazamientos por frecuencia, y ésta puede llegar a una frecuencia de resonancia, lo que puede producir la rotura en algún punto del perímetro del plato.

Al igual ocurre con los parches, la tensión a la que están sometidos es muy baja comparada con su tensión de rotura. Estos suelen romper por el centro, donde aparece tanto la mayor tensión y la mayor deformación, por lo que la rotura del parche vendrá producida por fatiga o por llegar a su frecuencia de resonancia.

Como posible continuidad de este trabajo, sería realizar estudios de fatiga y comprobar si estas suposiciones son ciertas y ver a que número de ciclos rompería. Otro caso sería estudiar mejoras tanto en los platos o los soportes para minimizar los efectos de la fatiga y las frecuencias.

## **7.2. Conclusiones estudios ergonómicos**

### **Método OWAS.**

Si se observa el cuadro final del apartado de resultados de este método, se puede ver que sólo un 7% de las observaciones entra dentro de la segunda categoría, la cual según el método estas posturas tienen la posibilidad de causar daño en el sistema músculo-esquelético, por lo tanto requieren acciones correctivas en un futuro cercano. Pero para la mayoría de las observaciones (93%) se encuentran en la categoría 1, donde la postura es normal, sin efectos dañinos por lo que no requiere acciones correctivas.

Tras analizar los resultados, se puede decir que la mayor parte de las observaciones que aparecen en la categoría 2, son por giro de espalda, al golpear los toms, por lo cual se debería de buscar una solución a esta disposición de los elementos de la batería para tratar de evitar ese giro.

Este estudio ha sido realizado para una distribución sencilla de batería, existen casos, o los que el conjunto de la batería es mucho mayor y la accesibilidad a golpear elementos como platos o toms es más complicada porque estarán colocados en posiciones más alejadas.

Un baterista, durante su labor, está siempre sentado, pero no se ha tenido en cuenta dentro de este método el trabajo realizado por las piernas al golpear el bombo con el pedal.

### **Método OCRA.**

La puntuación final obtenida para este método utilizado para analizar los movimientos repetitivos es de **23,4**. Este valor entra dentro del riesgo alto, lo cual nos recomienda como acciones la mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento.

El método Check List OCRA permite la realización de estudios preliminares del riesgo asociado a la realización de movimientos repetitivos. Permite al evaluador detectar la necesidad y urgencia de realizar análisis más detallados ante la existencia de riesgos por movimientos repetitivos. Por otra parte, el análisis de los factores que configuran el resultado final del método permite detectar los aspectos más críticos y enfocar evaluaciones ergonómicas futuras.

En ningún caso se deberán aplicar correcciones sobre los puestos evaluados basándose únicamente en los resultados proporcionados por el método Check List OCRA. Las actuaciones deberán ser avaladas por la aplicación de métodos más exhaustivos de evaluación ergonómica con el fin de garantizar un correcto diagnóstico y por tanto la efectividad de las acciones preventivas propuestas.

Por lo tanto, tras el resultado obtenido de nivel alto, se debería realizar otro estudio para movimientos repetitivos que profundice más y con el cual si se pueden sacar mejores resultados más concretos y poder realizar correcciones si estos resultados fuesen negativos para la salud.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA.**

- Alfonso Apellániz G, Alberto Pascual I, y Fernando de Mier. O. (Julio -Septiembre 2008) "*Riesgos laborales en la profesión de músico. Estudio general*". Prevención nº 185.
- Barnee Lloyd.(2012)"*Frequency Analysis of a Cymbal. The effects of Deformation & Materials.*" University of Brighton School of Computing, Engineering and Mathematics.
- Colombini D., Occhipinti E., Grieco A. ( 1998) "*An observational method for classifying exposure to repetitive movements of the upper limbs*". Ergonomics, 41(9), 1261-1289.
- Colombini D., Occhipinti E., Grieco A.,(2000) "*Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and exertions of upper limbs*" , "*A check-list model for the quick evaluation of risk exposure (OCRA index)*". ELSEVIE
- French. A.P. (1974). "*Vibraciones y ondas*". REVERTE.
- General Catalogo Pearl (2013).
- Jaume Rosset (enero - 2001) Entrevista en La vanguardia . "<http://www.lavanguardia.com/lacontra/20110117/54102751864/index.html>". (Accesible 8 - Julio -2014)
- Karhu O., Kansil P., Kuorinka L(1977) "*Correcting working postures in industry: A practical method for analysis*". Applied Ergonomics, 8(4), 199-201.
- Kinsler, Lawrence E. (1999) "*Fundamentos de Acústica*". LIMUSA.
- Meinl cymbal set-up configurator. "<http://meinlcymbals.com/soundcheck>". (Accesible 5-sept-2014).
- Miguelez Garrido M.H, San Román García J.L, Vicente Díaz López. (2001) "*Ergonomía y diseño del puesto de trabajo*". LA LEY .
- Sergio Gómez González. (2007) "*El gran libro de Solidworks office professional*". MARCOMBO, S.A.
- Sergio Gómez González. (2010) "*Solidwork Simulation*". RA-MA EDITORIAL.

