Efecto del estrés latente debido a una interferencia mecánica menor en pantallas LED táctiles

Pedro Eduardo Muñoz Ornelas[1]

[1]Alumno de posgrado.

ed.muno@hotmail.com

RESUMEN.

Durante el diseño de un producto el cual contiene pantallas led se requiere poner un especial cuidado en la forma como esta se integrara al chasis o montura ya sea por clips plásticos, utilizando adhesivos, por medio de tornillería etc., esto dependiendo de la utilización del producto final con el propósito de asegurar la integridad de la pantalla ya que por ser construidas sobre base cristal las convierte en un elemento frágil así como también gran parte del costo del billete de materiales de este tipo de productos se encuentra en la pantalla por lo que la integridad de la misma durante su manejo , montaje y utilización final es crítico, este artículo presenta un caso en particular en el cual el método de montaje corresponde a las siguientes características: dispositivos táctiles, de dimensiones superiores de 30 cm de largo, con sello al medio ambiente entre el chasis y la pantalla. Se estudia cómo la pantalla interactúa con los elementos de fijación para entender una falla por ruptura presentada en el prototipo la cual no fue detectada durante el ensamble si no cuando el producto ya se encuentra en operación.

Palabras Claves: Fatiga, interferencia mecánica, guía de diseño.

1 INTRODUCCIÓN.

En el diseño de equipos electrónicos para la exposición al medio ambiente es necesario considerar que todos los componentes tienen que estar situados en una cámara que los aislé de la humedad y la lluvia, generalmente se utilizan un chasis de aluminio fundido o policarbonato reforzado con fibra de vidrio, a su vez las uniones son selladas utilizando empaques generalmente de silicón, en el caso de productos que utilizan pantallas requieren de algún tipo de silicón o adhesivo para sellar la periferia y asegurar la resistencia al medio sin embargo la aplicación de silicones líquidos causa que los procesos sean lentos debido a los tiempos de curado, a la disposición de equipos automatizados para la aplicación del silicón, a que se cuente con áreas de secado la cual crea acumulación de unidades en línea etc. Sin mencionar los problemas cosméticos que causa la contaminación de áreas que no tienen que ser expuestas al químico. Por lo cual basados en la guía de diseño [1] se opta por utilizar empaques preformados de silicón los cuales

hacen el ensamble más limpio, sencillo y sin excesos de inventarios, como cualquier empaque de este tipo de sellos trabajan en condiciones de compresión para realizar su función, todos los silicones tienen características de dureza y compresión que es determinada por el fabricante y es categorizada por medio de una prueba de durómetro después de curado [2] como se muestra en la figura 1. Y de esa forma conocer el factor de dureza. Figura 2.

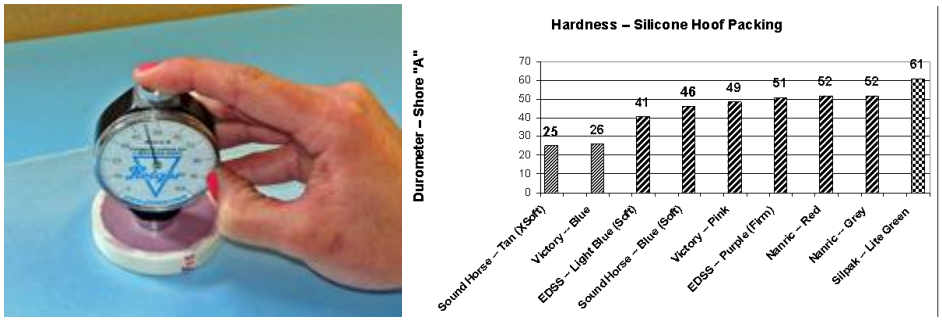

Figura 1y2. Determinación de dureza de silicón y factor de dureza

El factor de dureza esta relacionado también con un porcentaje de compresión [3] por lo tanto tenemos que un silicón solo se puede comprimir cierto porcentaje de acuerdo a su dureza por lo que cualquier excedente a ese límite podremos considerarlo como una interferencia mecánica convirtiéndose en una violación a las reglas de diseño mecánico [1] que comenta que cualquier componente en condición de interferencia pude causar fatiga e incluso un ensamble imposible de realizar.

En el caso que estudiamos, el prototipo cuenta con un empaque de silicón en el perímetro del área de la pantalla de forma uniforme, como las pantallas no son completamente simétricas es necesario colocar otros elementos de fijación en la parte posterior de la misma los cuales deberán evitar dañarla durante el montaje, este prototipo también utiliza una interface de silicón entre placas de sujeción y la pantalla con el propósito de evitar el estrés mecánico tal como muestra el corte seccional de la figura 3.

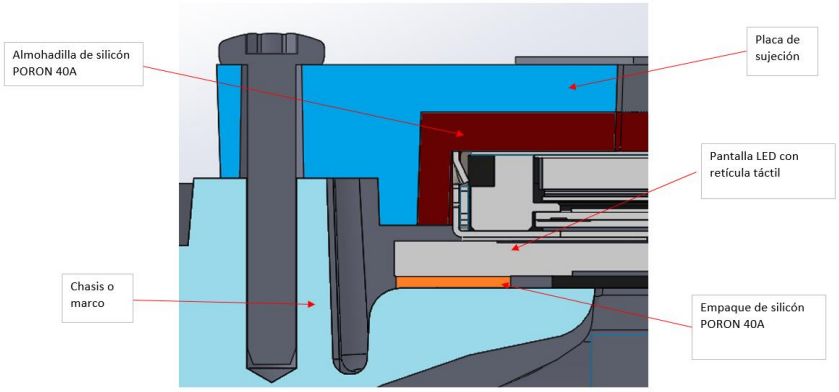

Figura 3. Esquema seccional de ensamble de pantalla

Teniendo en cuenta este tipo de sujeción se requiere asegurar la integridad de la pantalla considerando cada uno de estos componentes como actores en un sistema de tolerancias de manera que no existan interferencias mecánicas.

Este método de sujeción descrito se encuentra distribuido en cuatro esquinas como se muestra en la figura 4 respetando áreas de conexión eléctrica.

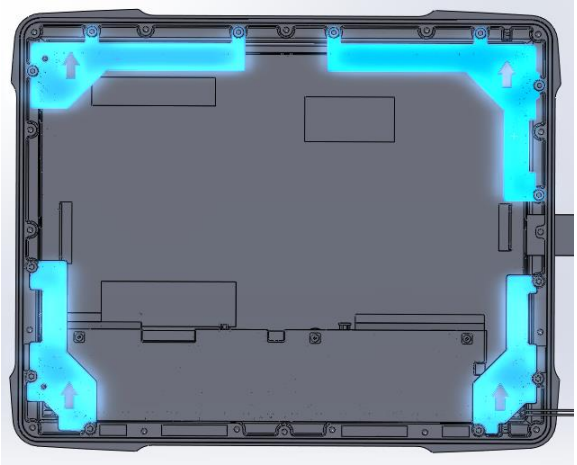

Figura 4. Colocación de placas de soporte

Una vez ensambladas las unidades el modo de falla que presentan es una rotura que siempre que comparte el punto superior izquierdo extendiéndose al lado derecho en dirección del extremo medio y superior en 6% de los ensambles prototipo a una semana de ser ensamblados como se puede ver en la figura 5.

Figura 5. Roturas de pantalla

2 FUNDAMENTOS

Un análisis de tolerancia es aquel estudio que determina la máxima y mínima variación probable o posible para una dimensión seleccionada. Al igual que en el análisis de la tolerancia del "peor de los casos que consiste en la suma aritmética de las dimensiones nominales y de sus variaciones", se le añaden todas las tolerancias y otras variables existentes en el análisis para obtener la variación total. El método del peor de los casos suele

sobre rechazar material o abrir demasiado las tolerancias de diseño, como no siempre se presentaran dimensiones máximas o mínimas consideraremos entonces como que el comportamiento de cada dimensión se aproxima a una distribución normal. Por lo tanto utilizaremos un método de tolerancias estadísticas que nos resulte en una sumatoria de distribuciones normales "acumulación de tolerancias" [4] que nos describa el comportamiento del ensamble.

La acumulación de tolerancias a través de un lazo de tolerancias nos ayuda a entender el comportamiento del espacio necesario para contener otras dimensiones en la magnitud de la dimensión mayor considerando que cada pieza es manufacturada en distintos materiales, equipos y dimensiones y que cada puedan de interactuar sin problemas.
Con otras palabras cuando dos (o más) dimensiones son variables aleatorias independientes y normales, entonces el efecto de la selección aleatoria de ellos para construir una sumatoria se puede encontrar simplemente sumando sus valores (nominales) y por separado sumando sus varianzas.

$$Var_{assy} = Var_1 + Var_2 + Var_3 \ldots \quad (1)$$

Sin embargo, Como tolerancias y varianzas están relacionadas, podemos aplicar el método de la raíz cuadrada de la sumatoria de los cuadrados de la varianza "desviaciones estándar" quedando de la siguiente forma:

$$S_{assy} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 \ldots} \quad (2)$$

Por lo tanto la formula general para el sistema de tolerancias quedaría de la siguiente manera:

$$T_{assy} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} d_i^2} \quad (3)$$

Donde:

Tassy = es la tolerancia simétrica bilateral del ensamble que representa es espacio disponible resultante.

n= número de actores contribuidores de tolerancias al acumulado.

di= tolerancias bilaterales de cada dimensión.

Un modelo que representa una acumulación de dimensiones en término de distribuciones normales luciría como la figura 6.

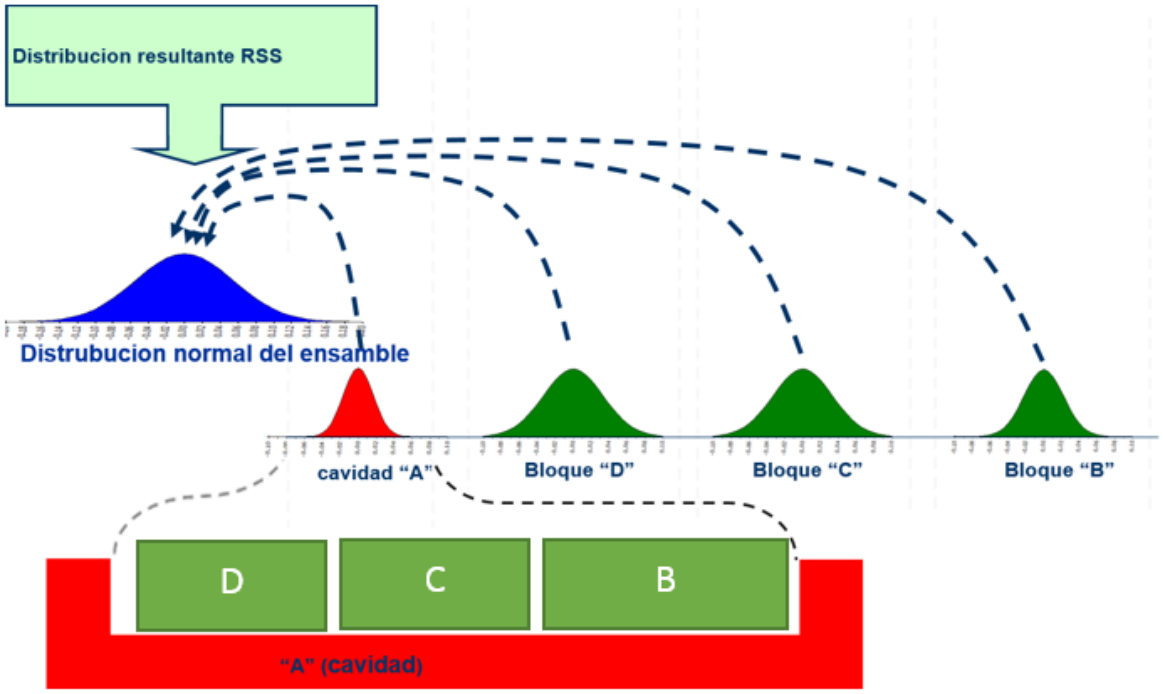

Figura 6. Sumatoria de distribuciones normales

Un resultado negativo en alguno de los extremos de la distribución resultante significara una interferencia mecánica siendo cero la representación del contacto entre piezas mientras que un valor positivo representara entonces un espacio.

El efecto de una interferencia mecánica ocasionara un esfuerzo en el cristal de la pantalla que a su vez producen sobre la estructura cristalina una rotura a valores de esfuerzos inferiores a los producidos por cargas de amplitud constante. A este fenómeno se le denomina fatiga y es definido de un modo más general por las normativas ASTM [6] como "el proceso de cambio estructural permanente, progresivo y localizado que ocurre en un punto del material sujeto a esfuerzos y deformaciones de amplitudes variables y que produce grietas que conducen a una fractura total luego de un cierto número de ciclos".

El estudio de la fatiga exige comprender que no es un fenómeno asociado al concepto clásico de la plasticidad y/o daño y que la rotura se produce bajo cargas que están aún en el periodo elástico del comportamiento del material. Lo que en realidad se produce es una pérdida de resistencia en función del número de ciclos que induce a un posterior

rebase de la resistencia máxima, provocando un problema de plasticidad y/o daño secundario. Pero para el caso de esta pantalla nos bastara con relacionar las zonas de estrés mecánico aplicando fuerza en las zonas correspondientes y compararlo con las tendencias del resultado de las unidades piloto, esto demostrara que la regla de diseño en cuanto a interferencia [1] es válida para un material elástico el cual llega a su límite máximo de compresión. Por tanto solo consideraremos el esfuerzo aplicado por medio de software de simulación de elemento finito para obtener dicho mapeo.

3 PROCEDIMENTO

Se desarrolló la definición del sistema de acumulación de tolerancias que se muestra en la figura 7, el lazo contiene todos los actores o contribuidores de dimensiones nominales con sus tolerancias donde la cavidad C correspondiente al chasis más la altura de placa B determinaran el espacio disponible para alojar a los componentes de montaje de la pantalla que corresponden de la siguiente manera A almohadilla de silicón, E espesor de la pantalla y D espesor del empaque de silicón.

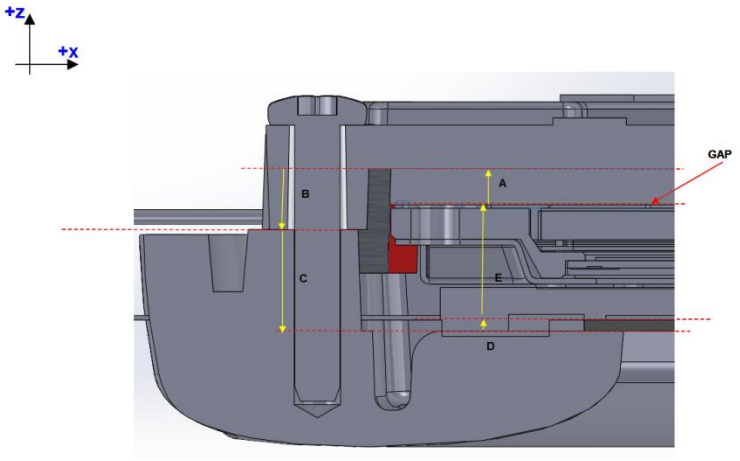

Figura 7. Lazo de tolerancia

Posteriormente de las especificaciones del fabricante de cada una de las piezas se toman los valores de distancias nominales y sus respectivas tolerancias simétricas de fabricación.

Para el caso de los materiales de silicón y de acuerdo a la especificación del fabricante [3] se tiene que el material puede comprimir su volumen en un 25% por lo que se toman los valores nominales con este ajuste para que puedan ser considerados como un sólido. La sumatoria de este valor corresponde al factor de absorción del elemento flexible. En este caso con valor de 0.91075mm.

4 RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Resolvemos el sistema de acuerdo a la fórmula (3) con ayuda de una hoja de cálculo la cual contiene dicha fórmula y arroja que existe una interferencia mecánica de 1.385mm restando el factor de compresión tenemos que la interferencia real es de 0.4142mm que corresponde a la porción que no se puede comprimir.

Letter from diagram	Part Number or Part Description	Loop Segment Description		Nom. Dim. / Nom. Float	Tol	Select Cp level, OR choose "Float"	Enter Cp	Tol expressed at Cp=2.0 level
		From	To					
A	LCD Boot	Thickness		-2.500	0.100	Cp=1.00		0.200
B	Bracket	Boot contact	screw post heigth	4.200	0.100	Cp=1.00		0.200
C	Front Housing	screw post contact	LCD internal frame	7.000	0.200	Cp=1.00		0.400
D	Front seal	Thickness		-1.143	0.000	Cp=1.00		0.000
E	LCD+Touch assy	Thickness		-8.200	0.500	Cp=1.00		1.000
ENTER ***Target Sigma Level*** to calculate RSS values directly below (Assy TOL, MIN GAP, MAX GAP) ==>								4.0
Assembly GAP = Sum of Nom Dimensions and Nominal Floats =				**-0.643**	**Assy TOL**	**MIN GAP**		**MAX GAP**
RSS Analysis (*plus* sum of loop float segments) =					**±0.742**	**-1.385**		**0.099**
Assembly MIN GAP				**-0.91075**	**DPPM (min GAP)**	**DPPM (max GAP)**		**DPPM (Total)**
Assy gap DPPM (estimated *without* 1.5 Sigma Long-Term Shift) =					**74555**	**266**		**74821**
DPPM result compared to above entered *Target Sigma Level* =>					**FAIL**	**FAIL**		**FAIL**

Tabla 1. Calculo de tolerancias

Graficando la distribución para obtener la estimación de defectos por millón tenemos que existe una probabilidad del 7.45% de encontrar ensambles en condiciones de estrés mecánico debido a una interferencia de máximo 0.4142mm. Ver Figura 8.

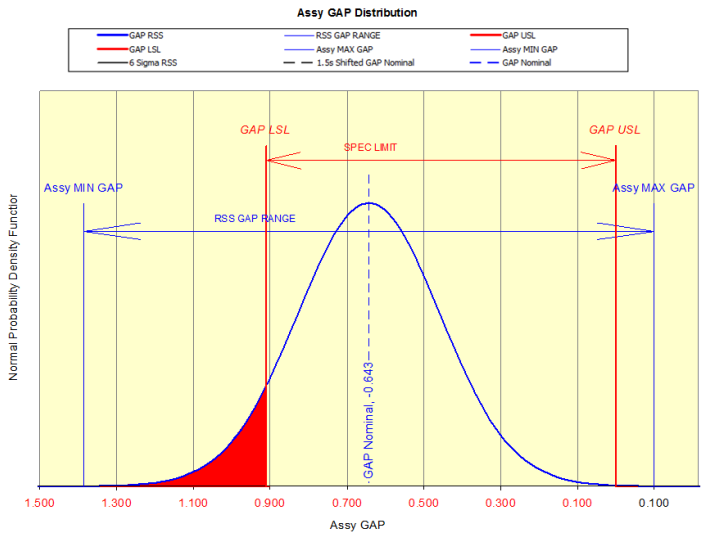

Figura 8. DPPM para valores de interferencia superiores al factor de compresión

Conociendo que se tiene una interferencia presente procedemos a modelar de forma virtual la localización real de estas mismas trasladando las áreas de contacto hasta la

pantalla de la figura 9 dado esto podemos definir las zonas donde se asignaran las cargas en el software de simulación [7] Hypermesh. Ver Figura 10.

Figura 9. Mapeo de zonas de contacto

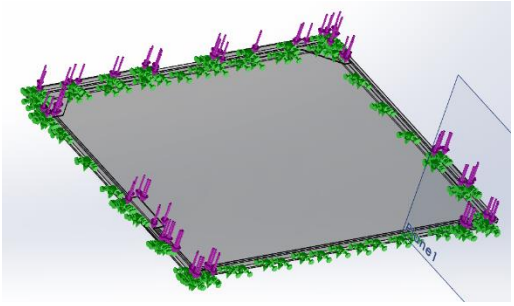

Figura 10. Mapeo de zonas de contacto

Al resolver el sistema se observa el patrón de distribución del esfuerzo en el cristal el cual muestra las zonas que están sometidas a estrés, la figura 11 muestra como está distribuido de forma irregular que al compararlo con la falla física corresponde con el patrón de rotura en las esquinas 3, 2 y 4

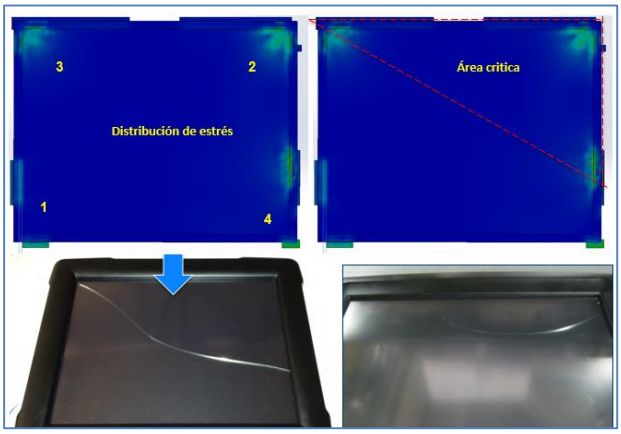

Figura 11. Distribución de estrés

4 CONCLUSION

Basados en los resultados el método de elemento finito fue capaz de confirmar que la zona de estrés mecánico corresponde a la zona de rotura, gracias al análisis de tolerancias descubrimos que un material elástico efectivamente se comporta como un sólido una vez que se excede su punto máximo de compresión.

Un análisis de tolerancias nos da como resultado si los cuerpos a ensamblar pueden o no compartir el espacio disponible y si en algún porcentaje de la población tendremos una holgura o interferencia mecánica. Pero no podemos determinar si esta puede causar un problema.

La simulación por elemento finito de una interferencia mecánica ya sea por fatiga o estrés nos da como resultado si esta es tan significativa como para producir una falla.

El problema en el prototipo fue solucionado agregando 0.25mm a la altura de la placa la cual redujo a 0.3% la probabilidad de falla, dicho valor fue añadido al sistema de evaluación de tolerancias el cual fungió como calculadora de la dimensión nominal ideal de altura de placa. Un nuevo lote piloto de placas fueron construidas con el nominal sugerido resolviendo el problema de pantallas dañadas por rotura del cristal.

Elemento finito también resultó ser una herramienta capaz de comprobar reglas de diseño las cuales fueron obtenidas a través de diseño de experimentos por lo que podría ser utilizada para evaluar y actualizar nuevas reglas de diseño sin necesidad de un diseño de experimentos que requiere de piezas físicas.

REFERENCIAS

[1]Flextronics. [Guía de diseño ensamble mecánico]. Flextronics Mechanical Design Guidelines. Flextronics. 2014, p. 4-14

[2]Sound horse technologies, "Silicone Packing's – hardness study" (estudio de dureza de silicones), http://www.soundhorse.com/technicalarticles/Silicone%20Packings.htm
(1/05/2015)

[3]Harboro rubber, "engineering in rubber" informe tecnico, 2009, http://www.harboro.co.uk/data/pdf/eir.pdf
(1/05/2015)

[4]Bryan R. Fischer.2004, Mechanical Tolerance Stackup and Analysis", ISBN 0-8247-5379-8

[6]ASTM E606 / E606M – 12 Standard Test Method for Strain-Controlled Fatigue Testing.

[7]Altair, Practical aspects of finite element analysis student guide.2012, p.45