



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio del diseño de copas de vino atendiendo
a sus características estructurales y térmicas

Study of the design of wine glasses according
to their structural and thermal characteristics

Autor

Alejandro Magaña Marín

Director

Francisco Javier Martínez Gómez



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D^a. Alejandro Magaña Marín,

con nº de DNI 16630965-X en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado en ingeniería mecánica, (Título del Trabajo)

ESTUDIO DEL DISEÑO DE COPAS DE VINO ATENDIENDO A SUS

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y TÉRMICAS

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 27 de Junio de 2018

Fdo: Alejandro Magaña Marín



1. RESUMEN.

El objetivo del trabajo es analizar el diseño de distintas copas de vino optimizando sus características térmico-estructurales con el objeto de intentar establecer correlaciones entre aspectos “objetivos” de diseño de carácter térmico-estructural y criterios clásicos de carácter “subjetivo”. Para estudiar estas posibles correlaciones se realizan distintos análisis experimentales, tanto de carácter estructural (análisis modal) y acústico (estudio acústico de distintas situaciones de llenado y sujeción) como térmico (estudio termográfico experimental). En paralelo a este trabajo de carácter técnico objetivo se realiza una encuesta entre expertos enólogos y sommeliers de la zona vitivinícola de La Rioja con el objeto de analizar la relación entre los distintos parámetros considerados y la experiencia del usuario, para evaluar la importancia y en su caso validez de los distintos criterios de diseño utilizados en las copas comerciales.

El trabajo se desarrolla mediante la realización de las siguientes etapas:

1ª) Revisión bibliográfica y encuesta a expertos, cuyo objetivo es conocer el estado de la cuestión en relación a los distintos criterios de diseño geométrico y los materiales utilizados en las copas.

2ª) Modelización 3D de distintos modelos de copas para realizar un análisis modal de las mismas para determinar las diferencias de comportamiento estructural evaluando la influencia de este aspecto.

3ª) Análisis acústico con el objeto de realizar mediciones en cámara acústica de distintas situaciones (distintas copas, distintos líquidos, distintas sujeciones) para establecer, desde un punto de vista acústico, la influencia del diseño en diferentes situaciones de utilización.

4ª) Análisis termográfico para establecer la influencia del diseño en diferentes situaciones de utilización.

5ª) Análisis de resultados y conclusiones



Contenido

1. RESUMEN.	1
2. INTRODUCCIÓN.	5
2.1 OBJETO.....	5
2.2 ALCANCE.	5
3. EVOLUCIÓN DE LAS COPAS DE VINO A LARGO DEL TIEMPO.	6
3.1 HISTORIA.	6
3.2 ¿QUÉ ASPECTOS DE LA COPA AFECTAN A LA PERCEPCIÓN DEL USUARIO?	10
4. LA ARQUITECTURA DE UNA COPA DE VINO.	12
4.1.-LA BOCA.	13
4.2.-EL BALÓN.	13
4.3.-LA CHIMENEA, CUERPO O CALIZ.	13
4.4.-EL PIE, PEANA O BASE.....	13
5. MATERIALES Y ADITIVOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE LAS COPAS DE VINO.	14
5.1.- VIDRIO Y CRISTAL.....	14
5.2 PRINCIPALES COMPONENTES DEL VIDRIO.....	15
5.3 COLORACIÓN DEL VIDRIO.	16
5.4 COPA DE VIDRIO VS COPA DE VIDRIO CON PLOMO.	17
6. CLASIFICACIÓN DE LAS COPAS DE VINO.	18
6.1 CLASIFICACIÓN GENERAL.....	18
6.1.1 COPA PARA VINO TINTO.	18
6.1.2 COPAS PARA VINO BLANCO.	19
6.1.3 COPAS PARA VINOS ESPUMOSOS.	19
6.2 COPA DE CATA.	22
6.2.1 COPA DE CATA AFNOR.	22
6.2.2 COPA DE CATA OENOLOGUE.....	23
6.3 COPAS INNOVADORAS.....	25
6.3.1 COPA TÉRMICA.....	25
6.3.2 THE SPIRAL WINE GLASS.	26
7. ETAPA 1ª: REALIZACIÓN DE ENCUESTA ENTRE EXPERTOS.	27
7.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ENCUESTA.....	27
7.2 RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	28
7.3 CONCLUSIONES DE LA ENCUESTA.	34
8. ETAPA 2ª: ESTUDIO VIBROACÚSTICO.	35
8.1 BREVE INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS VIBROACÚSTICO.	35



8.1.1.-EL ANÁLISIS MODAL.....	35
8.1.2.-EL ANÁLISIS ACÚSTICO.....	35
8.2.-OBJETO DEL ESTUDIO VIBROACÚSTICO.....	35
8.3 INSTRUMENTACIÓN Y SOFTWARE EMPLEADO EN LOS ENSAYOS.....	35
8.3.1.-SOFTWARE UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS MODAL.....	35
8.3.2.-INSTRUMENTACIÓN Y SOFTWARE UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS ACÚSTICO.	36
8.3.3.-ENSAYOS Y MODELIZACIONES VIBROACÚSTICAS REALIZADAS.....	39
9. ETAPA 3ª: ANÁLISIS EXPERIMENTAL: ESTUDIO TERMOGRÁFICO.....	49
9.1 BREVE INTRODUCCIÓN A LA TERMOGRÁFIA.....	49
9.2 INSTRUMENTACIÓN Y SOFTWARE EMPLEADO EN LOS ENSAYOS.....	50
9.2.1 CÁMARA TERMOGRÁFICA.....	50
9.2.2 SOFTWARE TERMOGRÁFICO.....	51
9.2.3 PINZA AMPERIMÉTRICA.....	51
9.2.4 TERMÓ-HIGRÓMETRO AMBIENTAL.....	51
9.3 METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS ENSAYOS.....	52
9.4 ENSAYOS TERMOGRÁFICOS REALIZADOS.....	54
9.4.1 ENSAYO Nº1.....	54
9.4.2 ENSAYO Nº2.....	56
9.4.3 ENSAYO Nº3.....	58
9.4.4 ENSAYO Nº4.....	60
9.4.5 ENSAYO Nº5.....	62
9.5. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO TERMOGRÁFICO.....	65
9.5.1 CONCLUSIONES ENSAYO Nº1.....	65
9.5.2 CONCLUSIONES ENSAYO Nº2.....	66
9.5.3 CONCLUSIONES ENSAYO Nº3.....	67
9.5.4 CONCLUSIONES ENSAYO Nº4.....	68
9.5.5 CONCLUSIONES ENSAYO Nº5.....	69
10. ETAPA 4ª: CONCLUSIONES.....	70
10.1 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS MODAL.....	70
10.2 CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS ACÚSTICOS.....	71
10.3 CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS TERMOGRÁFICOS.....	72
11. BIBLIOGRAFÍA.....	73
12. ANEXOS.....	74
12.1 ENCUESTA.....	74
12.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOUNDBOOK.....	78



12.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SET MICRÓFONO-PREAMPLIFICADOR CCP-26 CA ½”	80
12.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CALIBRADOR RION NC-74	82
12.5 CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS CÁMARA TERMOGRÁFICA FLIR P660.....	83
12.6 CARATERÍSTICAS TÉCNICAS PINZA AMPERIMÉTRICA.	84



2. INTRODUCCIÓN.

2.1 OBJETO.

El objeto del presente Trabajo Fin de Grado es realizar un análisis experimental que permita, en una primera aproximación, evaluar la posible correlación entre aquellos aspectos que de manera clásica y subjetiva se consideran importantes en el diseño de las copas de vino y aspectos “objetivos” basados en técnicas de análisis vibroacústico y termográfico.

Para la selección de estos campos se han utilizado criterios técnicos basados en la experiencia, así como la disponibilidad en el Área de Ingeniería Mecánica de la EINA de los medios técnicos necesarios para realizar los ensayos.

2.2 ALCANCE.

El alcance del trabajo es realizar una primera aproximación al problema que permita:

- Establecer los parámetros importantes involucrados en el tema objeto de estudio.
- Diseñar, poner en marcha y evaluar los protocolos de ensayo a utilizar.
- Aprender el manejo de los instrumentos y software utilizado en los ensayos.
- Gestionar y realizar los diferentes ensayos.
- Gestionar y analizar los datos obtenidos en los ensayos.
- Extraer conclusiones sobre los resultados de los ensayos realizados.
- Realizar un análisis crítico del trabajo y resultados obtenidos.
- Proponer mejoras y futuras vías de trabajo.

3. EVOLUCIÓN DE LAS COPAS DE VINO A LARGO DEL TIEMPO.

3.1 HISTORIA.¹

La evolución de los recipientes que ha utilizado el ser humano para beber vino a lo largo de la historia es una muestra más de la evolución cultural y técnica de la Humanidad, en este Trabajo Fin de Grado nos centraremos en la evolución de los recipientes destinados a beber vino.

La evidencia más antigua de la producción y consumo de vino corresponde al hallazgo en el poblado neolítico de Hajji Firuz Tepe, (actualmente entre Irak e Irán) de una vasija datada en el año 5400 a.C que contiene un residuo rojizo, que presumiblemente era vino, si bien recientemente se ha encontrado en Georgia la bodega más antigua conocida, con alrededor de 8000 años de antigüedad. Posteriormente, el consumo de vino y en consecuencia la elaboración de recipientes para beberlo se extendió hacia el occidente, llegando a Anatolia y Grecia; y hacia el sur, llegando hasta Egipto, ya célebre en Bahariya durante el Imperio Medio (siglo XX a. C.). La más antigua documentación griega sobre el cuidado de la vid, la cosecha y el prensado de las uvas, es *Los trabajos y los días*, de Hesíodo, del siglo VIII a.C. En la antigua Grecia el vino se bebía mezclado con agua y se conservaba en pellejos de cabra.

Durante siglos el vino se bebía en recipientes ahuecados de madera, en los estómagos de animales, dentro de cascaras o cuernos de animales como el ritón de la imagen 1.c encontrado en Grecia en el siglo IV a.C o el ritón de la imagen 1.b datado en el siglo VI a.C perteneciente a la cultura persa. Con el comienzo de la alfarería los recipientes para beber el vino se elaboraron de diversas maneras; algunos tenían agarraderas otros eran lisos e incluso había recipientes tan grandes que para poder desplazarlos se necesitaba la ayuda de varias personas. (Estos primeros recipientes datan de hace más de 7000 años encontrados en Oriente Medio).



a) Ritón² con forma de cuerno



b) Ritón con cabeza de camello



c) Ritón con cabeza de ternero

Imagen 1: Ejemplos de diferentes ritones ³

¹ Consultar las referencias bibliográficas 1 y 2 donde se encuentran los artículos más relevantes empleados para este capítulo.

² Recipiente usado en la Antigüedad para beber, en forma de cuerno o de cabeza de animal

³ Fuente: <https://es.scribd.com/doc/94969583/Copa-de-Vino-Historia>

Con el tiempo los materiales de elaboración fueron evolucionando, en el antiguo Egipto las copas podían ser de bronce, cerámica, latón o cuero, además de evolucionar los materiales su diseño también se modificó, algunas eran labradas, otras eran talladas en huesos y en algunos casos relataban fragmentos de la mitología.



a) Copas de cerámica



b) Copa de bronce

Imagen 2: Ejemplo antiguas copas egipcias ⁴

La historia de las copas se transformó radicalmente en la Edad de Hierro cuando los Fenicios descubrieron los secretos del vidrio y sus procesos de fabricación sobre el 1800 a.C permitiendo una estilización de las mismas, volviéndolas más ligeras, bellas y transparentes lo que permitió apreciar visualmente el vino y sus características principales tal y como se muestra en la imagen 3 (copas fabricadas en Tiro y Sidón). Sin embargo, el material presentaba limitaciones ya que no permitía apreciar todas sus características, principalmente el color del vino.



**a) Copa de vidrio
verde**



**b) Copa de vidrio
marrón**



**c) Copa de vidrio
tallada**

Imagen 3: Ejemplo copas Fenicias ⁵

⁴ Fuente: <https://es.scribd.com/doc/94969583/Copa-de-Vino-Historia>

⁵ Fuente: <https://es.scribd.com/doc/94969583/Copa-de-Vino-Historia>

Cuando los egipcios descubrieron el secreto fenicio comenzaron su fabricación elaborando sus primeros recipientes para guardar el vino (jarras, copas...). El secreto del vidrio continuó extendiéndose por el mundo, y así los griegos y romanos en los siglos V y XV también comenzaron a elaborar vidrio y distintos tipos de envases. En la imagen 4.a se muestra una copa de mármol griega, mientras que en la imagen 4.b podemos apreciar un ritón de cerámica romana.



a) Copa de mármol griega



b) Ritón de cerámica romana

Imagen 4: Ejemplo copas griega y romana ⁶

A finales del siglo XVII fue descubierto en Inglaterra el cristal, que no es sino un tipo de vidrio transparente formado por arena de sílice y potasa en la cual se añade óxido de plomo. Este nuevo vidrio es poroso, por lo tanto, oxigena el vino y tiene la cualidad de ser maleable por lo que el diseño podía variar de acuerdo al trabajo del artesano o del fabricante.

Sin embargo, las copas de cristal como hoy las conocemos no se inventaron hasta finales del siglo XVII, principio del XVIII, cuando se empezaron a considerar todos los aspectos relativos al diseño y materiales que conocemos hoy.

La empresa austriaca Riedel, con sede en Kufstein, comenzó su actividad en el período del Art Nouveau a finales del siglo XIX, caracterizando este estilo a la cristalería de Riedel fabricada en Bohemia desde 1890 hasta 1925. Después de la Segunda Guerra Mundial, la familia Riedel liderada por Walter Riedel, retomó (ayudado por la familia Swarovski) la fábrica de vidrio que tenían a su cargo, la cual se especializaba en la elaboración de artículos de vidrio soplado que a partir de 1956 se introduciría en la fabricación de copas para vino de pie largo, finas y lisas como las mostradas en la imagen 5.

⁶ Fuente: <https://es.scribd.com/doc/94969583/Copa-de-Vino-Historia>



Imagen 5: Familia de copas Riedel ⁷

En la actualidad existen numerosos fabricantes de copas siendo diferentes las composiciones de los vidrios que forman las copas de vino en función de las características como son resistencia, brillo, diseño. En las imágenes 6.a y 6.b se muestra un ejemplo de la variedad de copas que podemos encontrar en el mercado.



a) Familia de copas Riedel ⁸



b) Familia de copas Schott Zwiesel ⁹

Imagen 6: Ejemplo familia de copas

⁷ Fuente: <https://www.riedel.com/es-es>

⁸ Fuente: <https://www.riedel.com/es-es>

⁹ Fuente: <https://marken.zwiesel-kristallglas.com>



3.2 ¿QUÉ ASPECTOS DE LA COPA AFECTAN A LA PERCEPCIÓN DEL USUARIO?

Después de este breve recorrido por la historia de los recipientes utilizados para beber vino se pone de manifiesto que se ha producido una impresionante evolución en el diseño de las copas que va desde una concepción meramente funcional de los recipientes (contener líquido) en la que el usuario sólo pretendía satisfacer necesidades básicas (saciar su sed). hasta la sofisticación del momento actual en que se añaden criterios estéticos y tecnológicos, basados incluso en conocimientos neurosensoriales que convierten a la copa en un elemento imprescindible para poder apreciar todo el potencial organoléptico del vino.

En el momento actual el proceso de creación de una copa, no nace exclusivamente de un tablero de dibujo atendiendo a criterios meramente estéticos, sino que se basa en los resultados de infinidad de ensayos realizados con el apoyo y colaboración de catadores expertos para considerar la apreciación de aspectos tales como el color, el bouquet y el sabor. No obstante, la mera consideración de estos factores no permitiría conseguir la que podríamos definir como “la copa perfecta”. Para lograr este objetivo es necesario considerar que para conseguir un instrumento (la copa) que pueda transmitir al usuario de forma plena todas las características del vino deben incorporarse al diseño todo un arsenal de evidencias científicas que explican porque la forma de una copa influye sobre el bouquet y sabor del vino. De hecho, se ha comprobado que el mismo vino presenta características de cata completamente diferentes al servirlo en distintas copas. Las diferencias pueden ser tan grandes que catadores expertos llegan a considerar que están catando vinos diferentes, cuando en realidad se trata del mismo con la única diferencia de que se han utilizado copas diferentes. La razón principal es que la variedad de la uva utilizada para elaborar los distintos vinos es el factor principal que determina la relación entre fruta, acidez, tanino y alcohol, por lo que un diseño óptimo de la copa debe utilizar geometrías específicas que “mejoren” la percepción organoléptica que dan al vino las variedades concretas de uva. Por todo ello el diseño de las copas debe considerar y optimizar la complejidad de la interacción entre la forma, material, color temperatura y el tamaño de las copas y las sensaciones transmitidas al usuario por el vino.

Con el objeto de analizar los distintos aspectos que influyen en el diseño de una copa de vino optimizada, el presente Trabajo fin de Grado se ha estructurado en las siguientes fases:

1ª Fase Recopilación de información

En esta fase se ha realizado una recopilación de los aspectos “clásicos” considerados en el diseño de las copas mediante:

- La realización de una investigación bibliográfica del estado de la cuestión¹⁰.
- La realización de una encuesta relativa entre expertos en la materia.

¹⁰ Consultar las referencias bibliográficas 3 a 12 en las que se recogen los artículos más relevantes de entre toda la bibliografía consultada para la elaboración del proyecto.



2ª Fase Y 3ª Fase: Análisis experimental

Una vez establecidos los aspectos clásicos del diseño de copas de vino se ha tratado de aportar dos enfoques tecnológicos novedosos con el objeto de dar soporte científico técnico “objetivo” a la toma de decisiones sobre el diseño de las copas:

- Análisis vibroacústico experimental de los diseños: este planteamiento trata de establecer, de manera experimental, criterios de diagnóstico vibroacústico que permitan diferenciar el comportamiento de las copas para establecer correlaciones con los criterios “clásicos” de diseño.
- Análisis termográfico experimental: este planteamiento trata de intentar establecer, de manera experimental, criterios de diagnóstico vibroacústico que permitan diferenciar el comportamiento de las copas para, al igual que en el caso anterior, establecer correlaciones con los criterios “clásicos” de diseño.

4ª Fase: Análisis de resultados y conclusiones del estudio.

Una vez realizado el análisis experimental se procede a revisar y analizar los resultados obtenidos, procediéndose a extraer las oportunas conclusiones.

4. LA ARQUITECTURA DE UNA COPA DE VINO.

Antes de comenzar a realizar el análisis del diseño de las copas de vino conviene definir su arquitectura en relación a los diferentes parámetros de diseño que se toman en cuenta a la hora de diseñarlas.

Como ya se ha dicho, los parámetros de diseño de las diferentes partes de una copa de vino se seleccionan para realzar las distintas cualidades del tipo del vino al que está destinada la copa.

Entre estos parámetros se considera que los que más van a influir en una correcta degustación del vino consideraremos: el material, la forma del cristal, la transparencia y la finura.

Actualmente existen muchos tipos de copas en el mercado que varían en cuanto al tamaño, calidad del cristal, diseño y también en relación al tipo de vino que vayamos a degustar en ellas (vino tinto, blanco, espumoso ...).

En la imagen 7 se muestran, para un modelo de copa genérica, los distintos parámetros que describen la geometría de las distintas partes de las copas de vino que serán descritas a continuación, así como sus funciones principales y el papel que desempeña cada una de ellas en la percepción de las características del vino.



Imagen 7: Partes de una copa de vino ¹¹

¹¹ Fuente: <http://www.ilvo.es>.



4.1.-LA BOCA.

Es la parte superior de la copa. El mayor o menor diámetro provocará una concentración de aromas más o menos intensa, además en función de ser más cerrada o abierta guiará el vino hacia una parte de nuestra boca potenciando en mayor o menor medida la sensación ácida, amarga, dulce o salada. Por tanto, según el diámetro nuestra posición de la cabeza durante la degustación puede ser muy diferente.

4.2.-EL BALÓN.

Es la parte abombada de la copa (de mayor diámetro). El hecho de tener mayor o menor tamaño influirá en la aireación que recibirá el vino, la cual tiene relación con los aromas, acidez y el alcohol, incluso puede potenciar virtudes, pero también defectos del vino.

4.3.-LA CHIMENEA, CUERPO O CALIZ.

Esta parte es la encargada de contener el vino, puede ser más alta o baja, más estrecha o ancha y además de influir en la apreciación de los aromas acentúa más o menos las sensaciones alcohólicas de un vino, siendo más alta para suavizar vinos más alcohólicos y más baja para aquellos que contienen poco alcohol.

Elemento fundamental de la copa, su función principal es ofrecer un punto de sujeción para evitar que nuestras manos tengan que entrar en contacto con la superficie del globo. De esta manera, evitamos transmitir calor al vino y evitamos ensuciar el cristal para poder observar el líquido con claridad. Debe estar compensado con el tamaño del balón y no deber ser demasiado grueso para facilitar el agarre y poder girarla con facilidad.

4.4.-EL PIE, PEANA O BASE.

Corresponde al punto de apoyo de la copa. Lo más importante es que guarde relación con el resto de la copa además de ser lo suficientemente ancha como para mantener la copa vertical con una cierta firmeza y estabilidad. Además, la base es una de las partes por las que se debe sujetar la copa.

5. MATERIALES Y ADITIVOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE LAS COPAS DE VINO¹².

5.1.- VIDRIO Y CRISTAL.

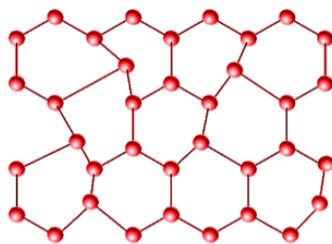
Los materiales empleados para elaborar las copas de vino pueden ser muy variados a pesar de que comparten la mayor parte de su composición. Sin embargo, estas pequeñas variaciones de componentes determinan las características de las copas y sus propiedades. Comenzaremos estableciendo con claridad la diferencia entre dos conceptos, como son el vidrio y el cristal, que tienden a confundirse entre las personas no expertas en la materia.

Vidrio: se puede formar de manera natural (escaso) o a través de una disolución sólida de arena de sílice, carbonato de sodio y caliza, obtenido por fusión a elevada temperatura (1200 °C). Una vez enfriada la masa adquiere el estado amorfo. Sus principales propiedades son dureza, transparencia, fragilidad, brillo y resistencia mecánica y química¹³.

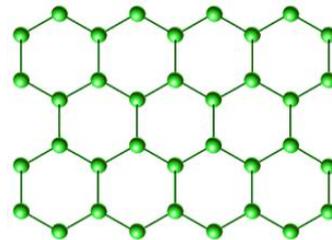
Cristal: se forma de manera natural por solidificación de material fundido que se enfría o por precipitación de sustancias disueltas o por sublimación de gases. Estos tres procesos son los que generan cristales de minerales, que pueden tener mucha variedad de tamaños, colores y formas.

Vidrio con plomo: conocido como cristal la principal diferencia con respecto al vidrio normal reside en la composición ya que este tipo de vidrio contiene un elevado porcentaje de plomo. Entre sus propiedades destacan la elevada densidad, brillantez y sonoridad.¹⁴

En la imagen 8 se muestra la diferencia estructural entre el vidrio y el cristal.



a) Estructural del vidrio



b) Estructura del cristal

Imagen 8: Diferencias estructurales entre vidrio y cristal

¹² Consultar las referencias bibliográficas 13 y 14 donde se encuentran los artículos mas relevantes empleados en este capítulo.

¹³ El vidrio artificial, es un material cerámico inorgánico que se elabora utilizando arcillas como base, a las que se agregan distintos compuestos químicos en proporciones variables para obtener diferentes tipos de vidrio que se pueden clasificar como: vidrio sódico-cálcico, vidrio de plomo, vidrio de boro-silicato y vidrio de sílice. Cada uno de ellos combina diferentes elementos y en cantidades porcentuales distintas, lo que les da unas propiedades concretas. Conviene aclarar que las posibilidades de mezcla de ingredientes y de procesos de elaboración son tan innumerables, que se pueden hacer muchas clasificaciones de los tipos de vidrio que existen, denominándolos de maneras muy distintas.

¹⁴ En el lenguaje coloquial se suele denominar a las copas de vidrio plomado como copas de cristal, confundiéndolas a pesar la importante diferencia a nivel de precio y prestaciones.

5.2 PRINCIPALES COMPONENTES DEL VIDRIO.

CLASIFICACION EMPIRICA		FUNCION ESTRUCTURAL	EJEMPLOS
VITRIFICANTES		FORMADORES DE RED	SiO ₂ , B ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ , As ₂ O ₅ , Sb ₂ O ₅
FUNDENTES		MODIFICADORES DE RED	Li ₂ O, Na ₂ O, K ₂ O
ESTABILIZANTES		MODIFICADORES	MgO, CaO, BaO
		INTERMEDIOS	Al ₂ O ₃ , ZnO, PbO
COMPONENTES SECUNDARIOS	AFINANTES	DIVERSA	NO ₃ K+As ₂ O ₃ , SO ₄ Na ₂
	DECOLORANTES		Se, CeO ₂
	COLORANTES		Fe ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃ , CoO
	OPACIFICANTES		FNa, P ₂ O ₅

Tabla 1: Tabla resumen de los componentes del vidrio

En la tabla 1 se recogen los principales componentes del vino, que a continuación se describen.

Vitrificantes

Se trata de aquellas materias primas que aportan óxidos formadores de red, es decir óxidos que en condiciones habituales de fusión y enfriamiento dan lugar a vidrios estables y con producción y aplicaciones industriales de usos generales. En este sentido la materia prima vitrificante de uso más común es la sílice.

Fundentes

Los minerales que aportan óxidos fundentes son básicamente óxidos puros o bien, compuestos químicos que contienen óxidos que al introducirse en la red vítrea facilitan la obtención de menores intervalos de fusión para el vidrio.

Estabilizantes

La adición de estos compuestos varía en función del tipo de vidrio que estamos fabricando. En general facilitan el proceso de fusión.

Componentes secundarios:

- **Afinantes:** encargados de permitir durante el proceso de fusión favorecer la eliminación de burbujas.
- **Decolorantes:** Son elementos que se añaden para neutralizar efectos de color producidos por impurezas de las materias primas.
- **Colorantes:** Su adición permite obtener todo tipo de vidrios coloreados en masa. Suelen ser óxidos de elementos de transición, algunos pares red-ox y elementos en estado coloidal que se logran introducir por diversos procedimientos en la masa vítrea.



- **Opacificantes:** Permiten dispersar la luz por efecto Tindall por dispersión de pequeños cristales dispersos en la matriz vítrea dando lugar a vidrios opales y opacos.

5.3 COLORACIÓN DEL VIDRIO.

La coloración del vidrio se obtiene por la adición de minerales en diferentes composiciones, principalmente añadiendo metales y óxidos metálicos.

Principales minerales empleados:

- **Óxido de hierro (II):** se puede agregar al vidrio, resultando un vidrio de color azul verdoso. Unido al cromo produce un color verde más intenso.
- **Azufre:** junto con sales de hierro y carbono: se utiliza para formar polisulfuros de hierro y productos de vidrio color ámbar que van desde el amarillo a casi el negro. En el vidrio de borosilicato rico en boro, el azufre le imprime un color azul. Con calcio se obtiene un color amarillo intenso.
- **Manganeso:** se puede añadir en pequeñas cantidades para eliminar el tinte verde dado por el hierro, o en concentraciones más altas para dar al vidrio un color amatista.
- **Dióxido de manganeso:** de color negro, se utiliza para quitar el color verde del vidrio, en un proceso muy lento que lo convierte en permanganato de sodio, un compuesto de color morado oscuro.
- **Cobalto:** Pequeñas concentraciones de cobalto (0,025 a 0,1%) imprimen al cristal un color azul.
- **Óxido de cobre:** Un 2 a 3% de óxido de cobre producen un color azul turquesa.
- **Níquel:** dependiendo de la concentración, produce cristales de color azul o violeta, e incluso negro. El cristal de plomo, si se le agrega níquel, adquiere color violáceo. El níquel, junto con una pequeña cantidad de cobalto se utiliza para decoloración del vidrio de plomo.
- **Cromo:** es un agente muy poderoso para colorear, proporcionando un color verde oscuro o en concentraciones más altas, incluso color negro. Junto con óxido de estaño y arsénico proporciona al vidrio un color verde esmeralda.
- **Cadmio:** junto con azufre da como resultado un vidrio de color amarillo intenso, a menudo utilizado en los esmaltes. Sin embargo, el cadmio es tóxico.

- **Titanio:** produce vidrio de color marrón amarillento. El titanio, que rara vez se utiliza por sí solo, es más a menudo empleado para intensificar y aclarar otros aditivos de colorear.
- **Uranio:** se puede agregar en concentraciones del 0,1 al 2% para obtener un vidrio de color amarillo o verde fluorescente. Cuando se utiliza con vidrio de plomo con una proporción muy alta de plomo, produce un color rojo intenso.

En la imagen 9, podemos observar copas de vino de diversos colores, ya que como hemos comentado anteriormente en función de los componentes que empleemos podemos obtener unos colores u otros, transparencia, brillo...



Imagen 9: Ejemplos de gamas de colores utilizadas en la elaboración de copas ¹⁵

5.4 COPA DE VIDRIO VS COPA DE VIDRIO CON PLOMO.

Las principales diferencias que existen entre una copa de vidrio y una copa de vidrio con plomo son:

- Son copas más brillantes.
- Tienen un sonido mucho más fino al golpearlas.
- Son mucho más transparentes e incoloras.
- Son mucho más elegantes y de mayor calidad.
- Son más finas, delgadas y delicadas.
- Permiten acumular los aromas del vino más tiempo.
- Son más pesadas al estar elaboradas con plomo.
- Tienen un precio más elevado.

¹⁵ Fuente: <http://www.colucciwines.com.ar>

6. CLASIFICACIÓN DE LAS COPAS DE VINO.

En la actualidad, debido al gran consumo de vino que hay en el mundo, los niveles de sofisticación e innovación son cada día son mayores. Por eso, en el mercado tenemos infinitos tipos de copas, que, como ya se ha dicho, incluso se diseñan específicamente atendiendo a la variedad de uva con la que se elabora un determinado tipo de vino.

6.1 CLASIFICACIÓN GENERAL.

Podemos realizar una clasificación sencilla en tres categorías principales que son:

6.1.1 COPA PARA VINO TINTO.

Las copas de vino tinto se caracterizan por ser las de mayor tamaño. Gracias a este diseño el contacto del vino con el aire se maximiza y por tanto permite una mayor oxigenación.

Los modelos más conocidos y extendidos son la copa de tipo Borgoña y la de tipo Burdeos (imagen 10.a y 10.b respectivamente). La primera suele tener un diámetro de cuerpo mayor y además la abertura es más cerrada. Este diseño permite girar el líquido con facilidad. Por otro lado, la copa de tipo Burdeos es de uso más común y la podremos encontrar con facilidad en la mayoría de establecimientos. La principal diferencia reside en su altura, ya que esta es algo mayor y su figura es más estilizada. La abertura es de tipo recto y sirve para distribuir el vino hacia el centro de la boca evitando en lo posible el sabor amargo de los taninos.



a) Copa tipo Borgoña



b) Copa tipo Burdeos

Imagen 10: Ejemplos de copas tipo Borgoña y Burdeos ¹⁶

¹⁶ Fuente: <https://www.riedel.com/es-es>

6.1.2 COPAS PARA VINO BLANCO.

Sus diseños en líneas generales son similares a la copa de Burdeos. Su tamaño es un poco más pequeño y la apertura es ligeramente más abierta con el objetivo de potenciar el sabor dulce del vino en boca (imagen 11). Además, presentan un tallo de mayor tamaño para conservar mejor la temperatura del vino, ya que su temperatura de servicio es mucho más fría. Estas copas también pueden emplearse para servir vinos rosados e incluso tintos jóvenes y afrutados porque este tipo de vinos no necesitan un cuerpo grande para desarrollar sus aromas.



Imagen 11: Copa para vino blanco ¹⁷

6.1.3 COPAS PARA VINOS ESPUMOSOS.

Este tipo de copas son las empleadas para servir cava o champán, pero también pueden usarse para otros vinos espumosos. Sus principales diferencias con el resto de copas son su gran tallo y su forma de cuerpo mucho más estilizada y por lo general en forma de flauta. Dicha forma está diseñada para conservar el líquido durante más tiempo a baja temperatura y por otro lado permitir una correcta evolución y retención de la carbonatación que caracterizan este tipo de vinos.

Las copas están disponibles en distintos formatos: copa Pompadour (imagen 12), copa flauta (imagen 13 y 14) que tiene distintas versiones semi flauta, flauta estrecha o flauta alta y copa tulipán o tulipa (imagen 15).

¹⁷ Fuente: <https://www.riedel.com/es-es>.



Imagen 12: Copa Pompadour ¹⁸



Imagen 13: Ejemplo gama de copas de champán y cava ¹⁹

¹⁸ Fuente: <http://www.mammaglass.com>

¹⁹ Fuente: <http://www.equipamientohogar.com>



Imagen 14: Ejemplo gama de copas de champán y cava ²⁰



Imagen 15: Copa tulipán o tulipa ²¹

²⁰ Fuente: <http://www.animalgourmet.com>

²¹ Fuente: <http://www.tecnovino.com>

6.2 COPA DE CATA.

Dado que el diseño de la copa influye en la apreciación de las características del vino, existe una serie de copas normalizadas que se utilizan de forma generalizada con el objeto de homogeneizar los resultados del proceso de cata. En este apartado vamos a hablar de las dos de uso más generalizado: la copa AFNOR y la OENOLOGUE. Pero antes de iniciar su descripción veamos las razones de la similitud de sus formas:

- La longitud del tallo es la suficiente para permitir agarrarla con la mano por esa parte evitando que la temperatura corporal caliente el vino.
- La longitud del tallo permite continuar viendo el vino cuando se agarra la copa.
- La altura de la base y el pie permite remover el vino sin esfuerzo.
- El diámetro del borde es más reducido que el de su parte más ancha con el fin de dificultar que las sensaciones aromáticas se escapen y facilitar la fase olfativa de la cata de vinos.
- La forma de las copas de cata mayormente utilizadas se aproxima en mayor o menor medida a la de un tulipán o a la de un balón.
- Se emplea el cristal y no el vidrio para que pueda verse el color del vino de manera fiel.

Vayamos a continuación con la descripción de las copas de cata citadas con anterioridad:

6.2.1 COPA DE CATA AFNOR²².

Sus características dimensionales son las siguientes

Altura total de la copa	155 mm (± 5)
Altura del cuerpo	100 mm (± 2)
Altura de la base y el pie	55 mm (± 3)
Diámetro del borde	46 mm (± 2)
Diámetro de la parte más ancha	65 mm (± 2)
Diámetro de la base	65 mm (± 5)
Capacidad total de la copa	215 mm (± 10)
Volumen de degustación	50 ml
Grosor del cristal	0.8 mm (± 0.1)
Grosor del pie	9 mm (± 1)
Material empleado	Cristal transparente e incoloro con un porcentaje de plomo entre el 9% y 12%

Tabla 2: Parámetros dimensionales de la copa de cata AFNOR

²² AFNOR: Association française de Normalisation (Asociación Francesa de Normalización)

Estas características están recogidas en la norma ISO 3591-1977²³

A continuación, en la imagen 16 podemos ver la copa AFNOR

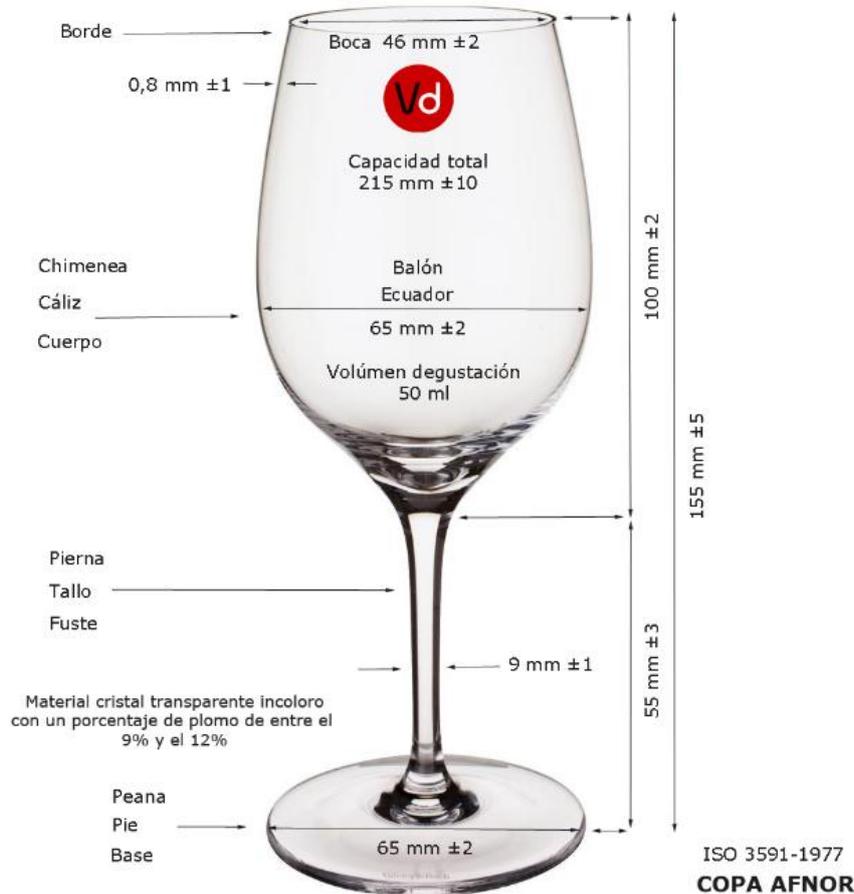


Imagen 16: Dimensiones normalizadas de la copa AFNOR ²⁴

6.2.2 COPA DE CATA OENOLOGUE.

En la actualidad también se utiliza la copa de cata Oenologue mostrada en la imagen 17. Esta copa fue diseñada en 1991 por Dany Rolland -esposa de uno de los enólogos más famosos del mundo: Michel Rolland-. Es una copa tipo balón en lugar de ovoide con el diámetro del borde "boca" más ancho, lo cual permite introducir al mismo tiempo boca y nariz. Está fabricada de un cristal más fino que la copa de cata AFNOR y aun así es más pesada. La altura de la base y el pie es mayor, esto unido al peso permite que los movimientos circulares o de rotación no sean tan bruscos, lo cual nos ayuda a apreciar mejor las sensaciones olorosas del vino. Al tener más capacidad permite que el líquido mantenga la temperatura y no se caliente tan rápido.

²³ ISO 3591:1977 Sensory analysis- Apparatus-Wine-tasting glass

²⁴ Fuente: <https://vinosdiferentes.com/copa-de-cata/>

Para este modelo de copa no existe una norma ISO de medidas estandarizadas como en el caso de la copa Afnor, por eso este modelo de copa lo podemos encontrar en diferentes dimensiones y pesos. En la tabla 3, se muestran las medidas más comunes de la copa de vino Oenologue Expert.

Alto	185 mm	200 mm	215 mm	228 mm
Capacidad	28 cl	35 cl	45 cl	55 cl
Diámetro de boca	75 mm	80 mm	87 mm	93 mm
Peso	115 gr	115 gr	180 gr	195 gr

Tabla 3: Dimensiones copa de cata Oenologue

En la imagen 17 tenemos la copa de cata Oenologue:



Imagen 17: Copa OENOLOGUE ²⁵

²⁵ Fuente: <https://vinosdiferentes.com/copa-de-cata/>

6.3 COPAS INNOVADORAS.

Actualmente existen en el mercado infinitos tipos de copas de vino. Sin embargo, voy a destacar algunos modelos que son muy diferentes a lo que estamos acostumbrados.

6.3.1 COPA TÉRMICA.

La copa o vaso térmico mostrada en la imagen 18.a, mantiene la temperatura entre un 20%-40% más tiempo frío que un vaso convencional y esto se produce gracias a la doble pared que tienen este tipo de recipientes.

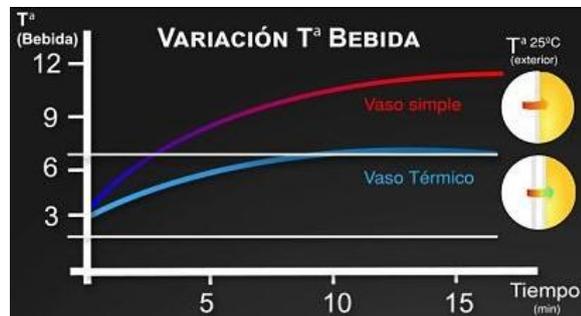
Para explicar su funcionamiento hay que tener claro como ocurre el proceso de transmisión de calor y cuáles son sus formas de transmisión tal y como se verá en el análisis termográfico.

La transmisión de calor se produce siempre del punto caliente al punto frío. Por otro lado, la transmisión de calor se puede producir de tres formas que son radiación, conducción y convección.

Gracias al vaso térmico conseguimos que el calor transmitido por conducción se reduzca considerablemente gracias a su doble pared, por este motivo conseguimos que la evolución de la temperatura a lo largo del tiempo sea mucho más lenta, tal y como se puede apreciar en la gráfica mostrada en la imagen 18.b.



a) Ejemplo modelo de copas térmicas



b) Curvas térmicas comparativas

Imagen 18: Comportamiento de las copas térmicas ²⁶

²⁶ Fuente: www.ibar4u.es_

6.3.2 THE SPIRAL WINE GLASS.

A continuación, vamos a hablar de la copa de vino en espiral un modelo de la cual se muestra en la imagen 19.a. A pesar de que esta copa a primera vista puede parecer una copa de diseño normal como muchas de las que podemos encontrar en el mercado presenta una peculiaridad. Si observamos en el fondo del globo en la imagen 19.b, podemos ver una espiral que sirve para retener los posos que pudiera tener el vino en su contenido y así evitar tener que decantar el vino antes de ser degustado. El objeto de esta modificación de diseño es evitar la pérdida de propiedades que pueden perder algunos vinos en el caso de ser decantados.



a) Copa espiral



b) Detalle de la espiral

Imagen 19: Detalles de la copa espiral ²⁷

²⁷ Fuente: www.vacanti.com



7. ETAPA 1ª: REALIZACIÓN DE ENCUESTA ENTRE EXPERTOS.

Como ya se apuntó en la introducción, el primer paso en el proceso de análisis de los parámetros de diseño de las copas de vino es la realización de una encuesta entre expertos con el objeto de establecer los condicionantes de diseño “clásicos” de las copas de vino

7.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ENCUESTA.

Para conocer la opinión de personas expertas en la materia (enólogos y sommeliers) se procedió a diseñar y realizar una encuesta²⁸ en la que las preguntas realizadas están focalizadas en distintos aspectos relacionados con las copas de vino.

El objetivo principal de la encuesta es conocer el grado de homogeneidad entre los expertos en relación a distintos aspectos relacionados con las características de las copas de vino. Las personas seleccionadas para participar en la encuesta han sido enólogos de diferentes bodegas, que cuentan con sus propios laboratorios, sommeliers profesionales de distintos restaurantes y finalmente estudiantes de último curso del grado de enología de la Universidad de La Rioja. El número total de encuestados ha sido de veinticuatro personas, de las cuales catorce son enólogos, seis sommeliers y cuatro estudiantes, quince mujeres y nueve hombres. Las edades de los participantes están comprendidas desde los dieciocho años hasta más de sesenta y cinco y dichas personas poseen o bien estudios universitarios o por el contrario formación profesional.

La encuesta se realiza en la Comunidad Autónoma de La Rioja (imagen 20). Es importante destacar la ubicación donde se ha realizado ya que podría darse la situación de que si hiciésemos esta misma encuesta en otra comunidad autónoma o país los resultados podrían variar ya que cada región vitivinícola tiene su propia cultura enológica relacionada con los distintos tipos de vinos que elaboran.

Las preguntas de la encuesta se han estructurado en 5 bloques, integrados por preguntas tipo test excepto en el bloque número cuatro, en el que se incluyen preguntas cortas donde el entrevistado puede dar su opinión más libremente.

²⁸ Para más información ver anexo 1

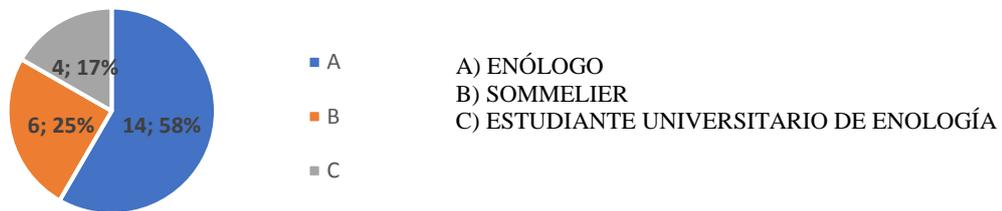


Imagen 20: Ubicación de la Rioja ²⁹

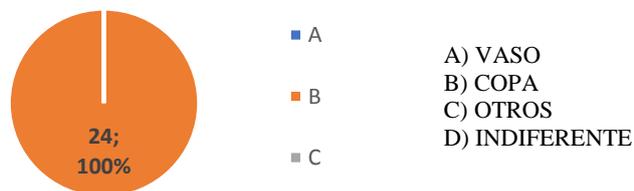
7.2 RESULTADOS DE LA ENCUESTA.

A continuación, se muestran las preguntas que hemos realizado en la encuesta con los resultados obtenidos, posteriormente se presentará un resumen de los resultados más relevantes.

Pregunta 1.1 ¿CUÁL ES SU RELACIÓN CON EL MUNDO DEL VINO?

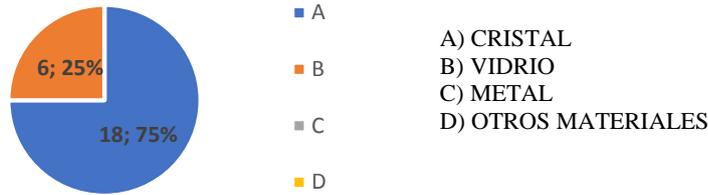


Pregunta 2.1 ¿RECIPIENTE PREFERIDO?



²⁹ Fuente: <http://urbinavinos.blogspot.com.es>

Pregunta 2.2 ¿MATERIAL DEL RECIPIENTE? PREFERENCIA



Pregunta 2.3 ¿FORMA DEL RECIPIENTE? PREFERENCIA



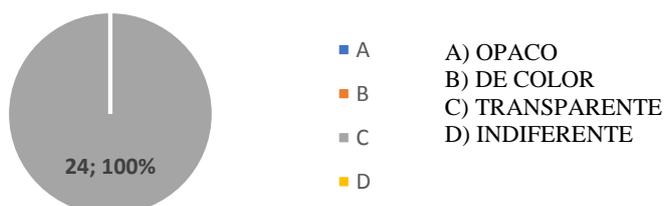
Pregunta 2.4 ¿ESPESOR PAREDES RECIPIENTE? PREFERENCIA



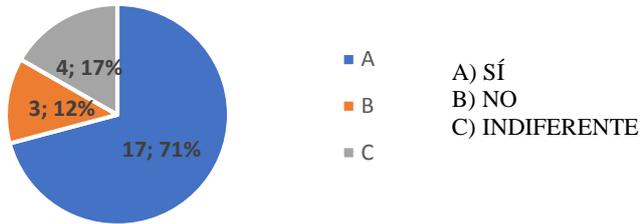
Pregunta 2.5 ¿CONSIDERA IMPORTANTE LA POROSIDAD DEL CRISTAL?



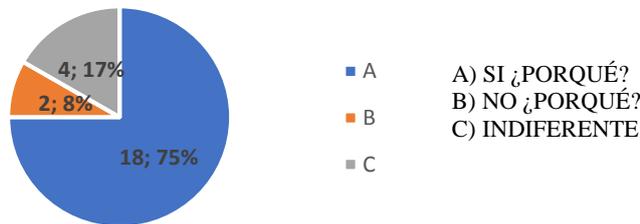
Pregunta 2.6 ¿COLOR DEL CRISTAL? PREFERENCIA



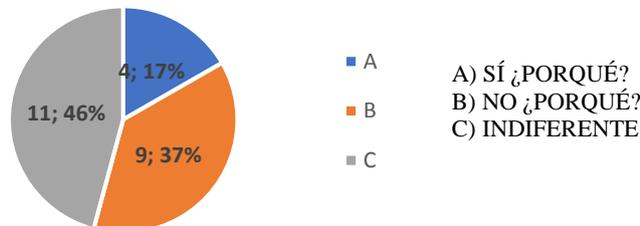
Pregunta 2.7 ¿PIE, COLUMNA Y GLOBO DE COPA DEBEN GUARDAR RELACIÓN ENTRE ELLOS?



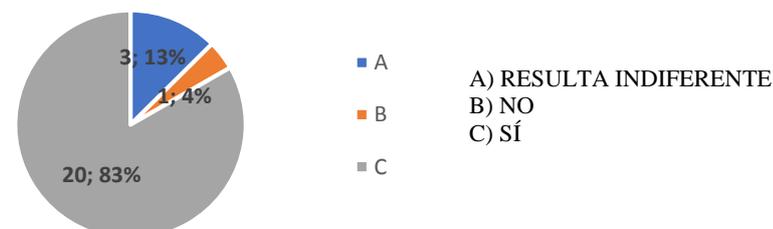
Pregunta 2.8 ¿CONSIDERA IMPORTANTE EL PESO DE LA COPA?



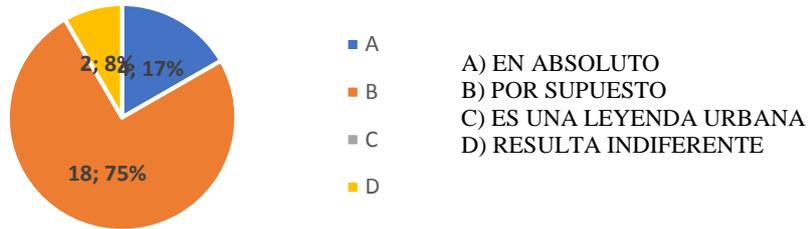
Pregunta 2.9 ¿CONSIDERA NECESARIO ESTABLECER DIFERENCIA ENTRE LA COPA DE CONSUMO Y LA DESTINADA A LA CATA?



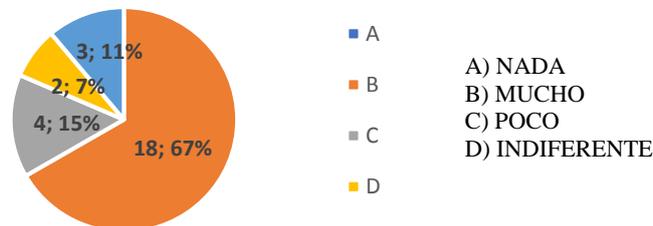
Pregunta 3.1 ¿LA FORMA Y DISEÑO DE LA COPA INFLUYE EN LA PERCEPCIÓN SENSORIAL DEL VINO?



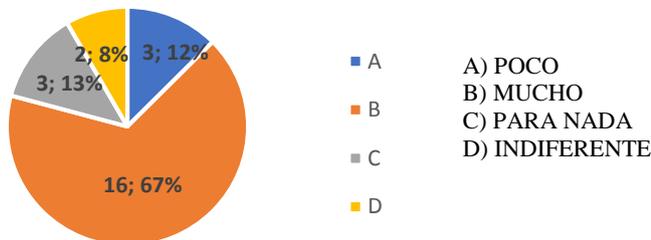
Pregunta 3.2 ¿LA FORMA EN LA EMBOCADURA DE LA COPA FACILITA EL CONTACTO DEL VINO CON UNOS U OTROS PUNTOS SENSORIALES DE LA BOCA?



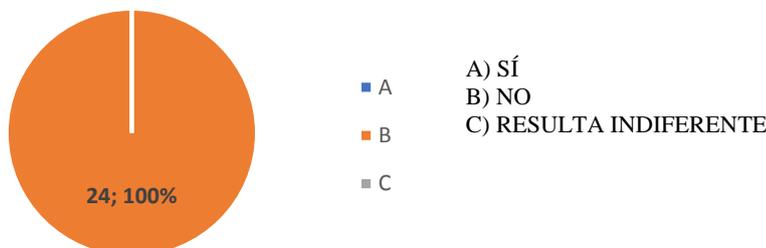
Pregunta 3.3 ¿RUIDO, HUMEDAD, LUZ, ...INFLUYEN EN LA PERCEPCIÓN SENSORIAL DEL VINO?



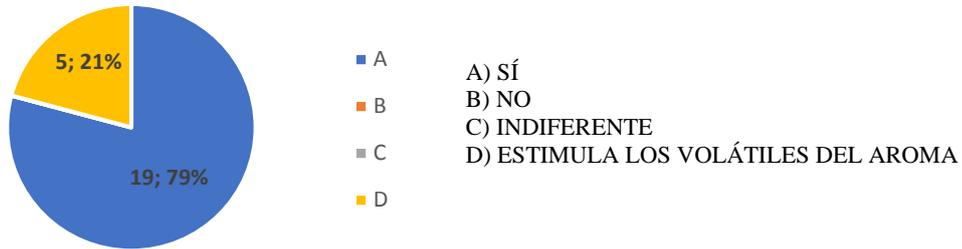
Pregunta 3.4 ¿LA MANERA DE SERVIR EL VINO INFLUYE EN EL SIGNIFICADO SENSORIAL DE LA CATA?



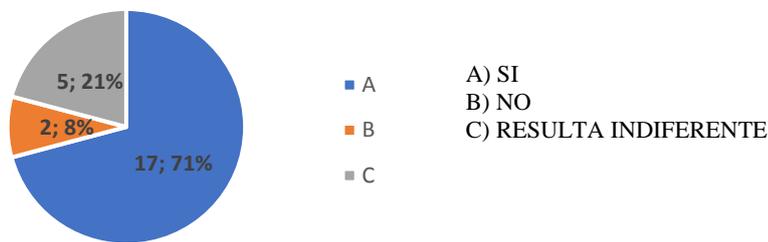
Pregunta 3.5 ¿CONVIENE ESCANCIAR EL VINO EN EL MOMENTO DE SERVIR?



Pregunta 3.6 ¿EL HECHO DE GIRAR EL VINO DENTRO DE LA COPA FAVORECE LA OXIGENACIÓN?



Pregunta 3.7 ¿LAS FORMAS CERRADAS EN LAS COPAS RESALTAN LOS AROMAS?



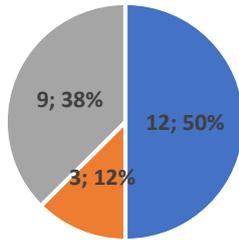
Pregunta 3.8 VINO TINTO, VINO BLANCO, VINO ROSADO ¿PARA SU OPTIMA DEGUSTACIÓN REQUIERE CADA UNO DE ELLOS UNA COPA CON DISEÑO DIFERENTE?



Pregunta 3.9 ¿EL BORDE O LABIO DE UNA COPA INFLUYE EN LA CAPACIDAD SENSITIVA BUCAL?

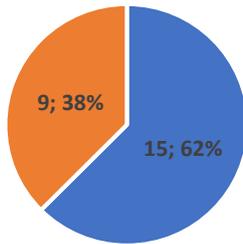


Pregunta 3.10 EL BORDE REDONDEADO DE LA COPA



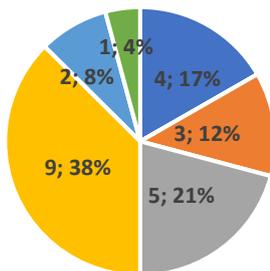
- A A) INCREMENTA LA CAPACIDAD SENSITIVA
- B B) REDUCE LA CAPACIDAD SENSITIVA
- C C) INDIFERENTE

Pregunta 5.1 SEXO



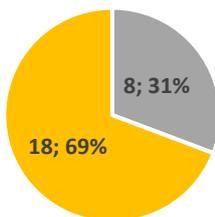
- A A) MUJER
- B B) HOMBRE

Pregunta 5.2 EDAD



- A A) 18-24
- B B) 25-34
- C C) 35-44
- D D) 45-54
- E E) 55-64
- F F) MAS 65

Pregunta 5.3 NIVEL DE ESTUDIOS



- A A) SIN ESTUDIOS
- B B) FORMACIÓN BÁSICA
- C C) BACHILLER/FP
- D D) UNIVERSIDAD



7.3 CONCLUSIONES DE LA ENCUESTA.

Del análisis de los resultados de la encuesta se extraen las siguientes conclusiones:

- El 100% de los participantes escogen la copa como recipiente preferido para degustar el vino.
- El material preferido por los encuestados es el vidrio o el cristal con un 75% y un 25% respectivamente.
- El espesor preferido es el fino con un 71%, seguido del mediano con un 29%.
- El 100% de los participantes coincide en que la copa de vino debe ser transparente.
- La forma preferida para degustar el vino es la ovoide con un 58%, seguido de la troncocónica 21%, la esférica 17% y la cilíndrica con un 4%.
- En cuanto a la importancia que tiene la porosidad en la copa existe diversidad de opiniones, pero predomina la opción en la que se le otorga importancia con un 67%, un 21% considera que es indiferente y el 12% no cree que sea importante.
- El 75% de los participantes piensa que el peso de la copa es importante y que sus partes deben guardar una relación de equilibrio entre sí. Un 17% considera que es indiferente y el 8% no lo considera importante.
- El 82% de los encuestados piensa que factores externos como pueden ser humedad, ruido, olores... afectan a la percepción sensorial del vino, al 7% le parece indiferente y el 11% considera que no afecta.
- El 100% de los participantes coincide en que el vino nunca debe ser escanciado y por el contrario la forma en que se sirve afecta a la posterior degustación. Además, todos consideran que el movimiento del vino dentro de la copa es importante.
- El 71% de los participantes considera que cada tipo de vino debe tener un tipo de copa, el 17% piensa que es indiferente y por el contrario el 12% no lo considera imprescindible.
- El 79% de los encuestados otorgan importancia a la forma del borde de la copa, el 13% no y para el 8% les resulta indiferente.
- El 62% de los encuestados son mujeres, frente a un 38% de hombres. Las edades están comprendidas entre los 18 y más de 65 años y todos los participantes tienen estudios, siendo un 69% con carrera universitaria y un 31% de formación profesional.



8. ETAPA 2ª: ESTUDIO VIBROACÚSTICO.

8.1 BREVE INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS VIBROACÚSTICO.

8.1.1.-EL ANÁLISIS MODAL.

El objetivo del Análisis modal en la mecánica estructural es determinar las frecuencias naturales y modos de vibrar de un objeto o estructura durante vibración libre. Es común utilizar el Método de los Elementos Finitos (MEF, o FEM por sus siglas en inglés) para desarrollar el análisis porque, como en otros cálculos usando el MEF, el objeto que se analiza puede tener formas complejas, como son en nuestro caso las copas, de manera que los resultados obtenidos de los cálculos son aceptables.

8.1.2.-EL ANÁLISIS ACÚSTICO.

El análisis consiste en realizar, mediante un analizador multicanal, medidas de los niveles sonoros del proceso de llenado de tres tipos de copas, para obtener los niveles sonoros generados que permite registrar los parámetros que permite caracterizar acústicamente (firma sonora de llenado) el proceso de llenado de las copas (básicamente niveles sonoros globales y evolución espectral temporal del sonido de llenado)

8.2.-OBJETO DEL ESTUDIO VIBROACÚSTICO.

Dado que la evaluación del comportamiento y prestaciones de las copas tiene un carácter “subjetivo” como corresponde a toda evaluación humana, aunque sea realizada por profesionales de experiencia contrastada, se decidió realizar un estudio vibroacústico para verificar si a partir de los resultados del mismo podían establecerse correlaciones entre el comportamiento “objetivo” de las copas y aquellos parámetros “clásicos subjetivos” a los que se asocia un comportamiento “óptimo” de las mismas.

Antes de comenzar el estudio se era consciente de que dada la sensibilidad del análisis a multitud de factores tales como, entre otros, el ruido de fondo (enmascarando el sonido achacable al proceso de llenado de la copa), las posibles variaciones en la forma de llenado de las copas (imposible de realizar manualmente garantizando su reproducibilidad), la poca información de las propiedades materiales de las copas que sirven de datos de entrada para la realización del análisis modal (valores excesivamente genéricos). No obstante, se decidió realizar este análisis para identificar los factores perturbadores de la bondad del ensayo e intentar cuantificar su incidencia sobre los resultados obtenidos. Se consideraron, por lo tanto, estos ensayos, como una primera aproximación para tomar decisiones, a partir de la experiencia acumulada, sobre las modificaciones a adoptar sobre el diseño de los ensayos y evaluar la viabilidad técnica y económica de los mismos.

8.3 INSTRUMENTACIÓN Y SOFTWARE EMPLEADO EN LOS ENSAYOS.

Se describe a continuación el software e instrumentación empleado en la realización del estudio vibroacústico.

8.3.1.-SOFTWARE UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS MODAL.

Para este caso, se emplea el software de cálculo Solidworks, haciendo uso únicamente del módulo de Estudio de frecuencia para hacer los cálculos.

Este software permite, en primer lugar, conformar la geometría que se va a estudiar, siendo en este caso dos modelos de copas diferentes. Además, se incorpora como material uno de los ofrecidos por el propio software en la biblioteca (Vidrio), que tiene unas propiedades genéricas definidas en el campo de la elasticidad lineal. Esta hipótesis se cumple dado que, al analizar vibraciones, las deformaciones siempre son relativamente pequeñas, por lo que el material se mantiene en el rango lineal.

Del cálculo se obtiene la deformada con los desplazamientos de cada modelo, y para cada frecuencia natural, de forma que entre las mismas condiciones de contorno se puede hacer una comparación entre los modelos.

8.3.2.-INSTRUMENTACIÓN Y SOFTWARE UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS ACÚSTICO.

8.3.2.1.-INSTRUMENTACIÓN Y SOFTWARE.

Para la realización de las medidas acústicas se ha utilizado la siguiente instrumentación

- (1) Analizador acústico multicanal Soundbook³⁰
- (2) Micrófonos Free Field -Preamplificadores CCP Type 26 CA de ½" de la marca GRAS SN 127095 y 127088³¹
- (3) Calibrador acústico NC-74 de la marca Rion³²

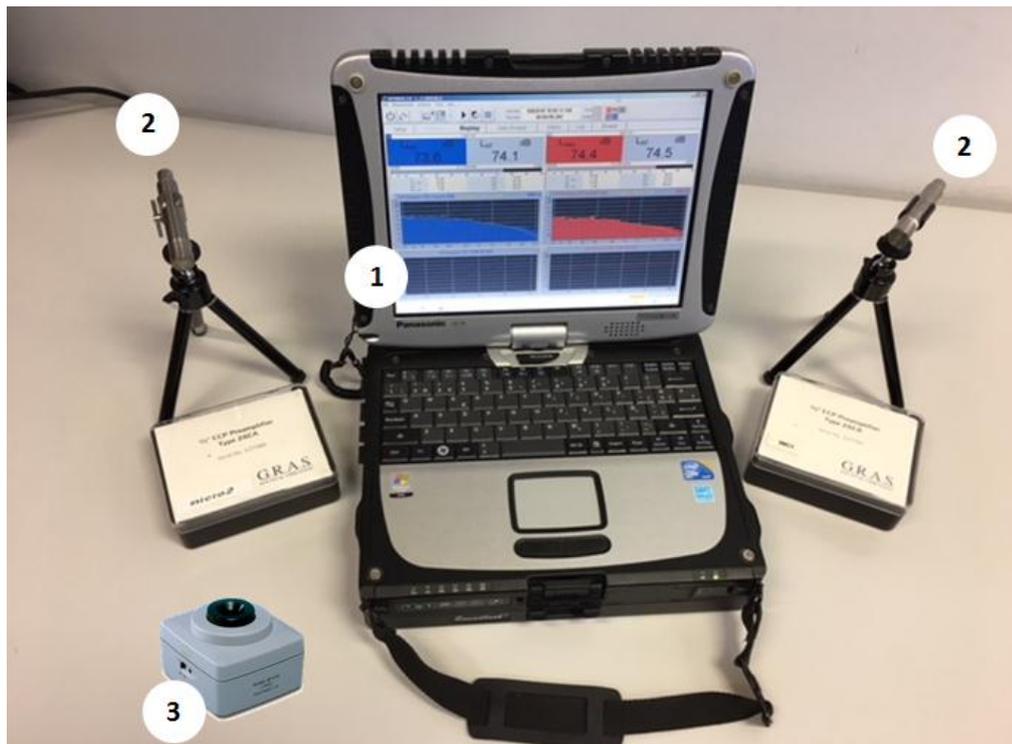


Imagen 21: Equipo utilizado en las medidas acústicas

³⁰ Las características técnicas básicas del analizador son las recogidas en el anexo 2

³¹ Las características técnicas básicas del set son las recogidas en el anexo 3

³² Las características técnicas básicas del calibrador acústico son las recogidas en el anexo 4

8.3.2.2.-LA CÁMARA DE ENSAYOS.

Para la realización de los ensayos acústicos debía disponerse de una cámara acústica que reuniera las siguientes características:

- a) Aislar del ruido ambiental (ruido de fondo) de manera que se garantice que los resultados de las mediciones tanto en nivel como en distribución frecuencial corresponden exclusivamente a los eventos que se pretenden caracterizar (llenado de las copas)
- b) Garantizar que los micrófonos captan exclusivamente el sonido directo generado en los eventos objeto de caracterización evitando, mediante un adecuado tratamiento absorbente de las superficies interiores de la cámara, que los micrófonos capten el sonido reflejado por las paredes de la cámara.

Las cámaras que reúnen estas condiciones son las denominadas cámaras anecoicas, o en su defecto semi anecoicas, en la imagen 22 se muestra un ejemplo de una cámara semianecoica en la que se puede apreciar el sofisticado diseño de las paredes que garantiza su capacidad de absorción sonora.

Al no disponer de este tipo de cámaras (En Aragón no existe ninguna cámara de estas características), se ha recurrido a una cámara perteneciente al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la EINA. Esta cámara fue diseñada en su momento para minimizar el campo reverberante. Obviamente esta cámara está alejada de las prestaciones de una cámara anecoica o semianecoica certificada, sin embargo, garantizaba unos razonables niveles de ruido de fondo y un nivel de ruido reverberante no excesivamente elevado con lo que permitía una primera aproximación a las condiciones acústicas ambientales que requieren tipo de medidas

A continuación, se muestran imágenes de la citada cámara.



Imagen 22: Cámara anecoica



Imagen 23: cámara utilizada para los ensayos acústicos



Imagen 24: Detalle del recubrimiento absorbente (láminas perforadas) del interior de la cámara



Imagen 25: Detalle de la puerta acústica de la cámara

8.3.3.-ENSAYOS Y MODELIZACIONES VIBROACÚSTICAS REALIZADAS.

8.3.3.1.-ANÁLISIS MODAL.

Se realiza la modelización de dos modelos de copas, bajo dos conjuntos de condiciones de contorno que simulan dos posibles situaciones de vertido de líquido en ellas: empotramiento en la base, simulando un simple apoyo de la copa, y empotramiento en una región del tallo, simulando la sujeción de esta zona por parte del consumidor.

MODELO BODEGAS BILBAINAS.

Para el modelo de esta copa, se han tomado medidas sobre el contorno de la copa y se ha realizado un croquis en el software Solidworks. Con el croquis formado, al hacer una revolución se ha obtenido el modelo final de copa.

En el módulo de Estudio de frecuencia, se ha escogido hacer el cálculo de 10 modos propios de la copa, debido a que se espera que los primeros sean los modos comunes de flexión, para de esta forma obtener modos que afecten principalmente a la zona de recipiente.

En cuanto a condiciones de contorno, se han planteado las dos opciones mencionadas anteriormente: empotramiento en base y en región del tallo, impidiendo cualquier movimiento de estas zonas. Estas dos situaciones se refieren, respectivamente, a la copa apoyada sobre una mesa y a la copa sujeta por una persona en el tallo, en una longitud de 3 cm (que equivale aproximadamente a dos dedos).

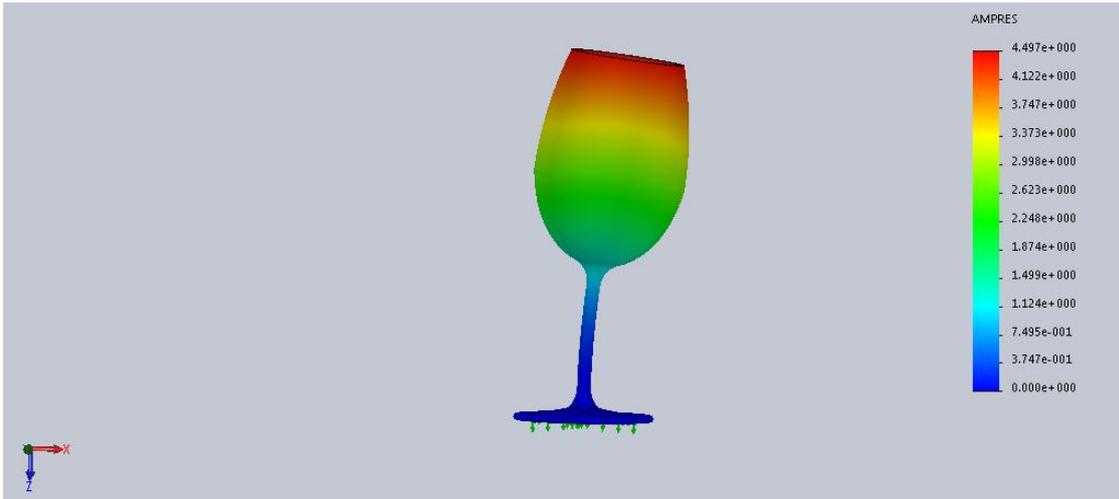


Imagen 26: Cálculo empotramiento base modo 1



Imagen 27: Cálculo empotramiento base modo 3

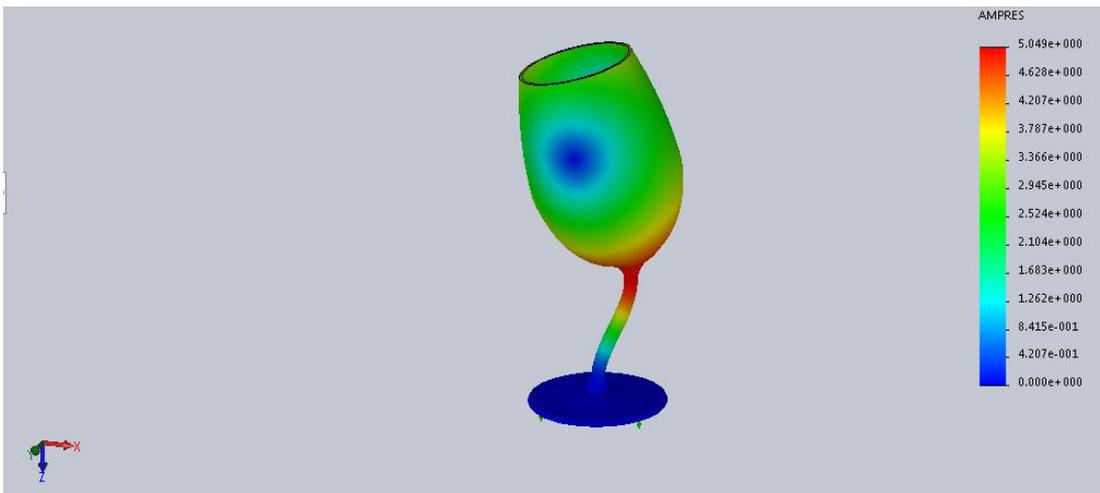


Imagen 28: Cálculo empotramiento base modo 5

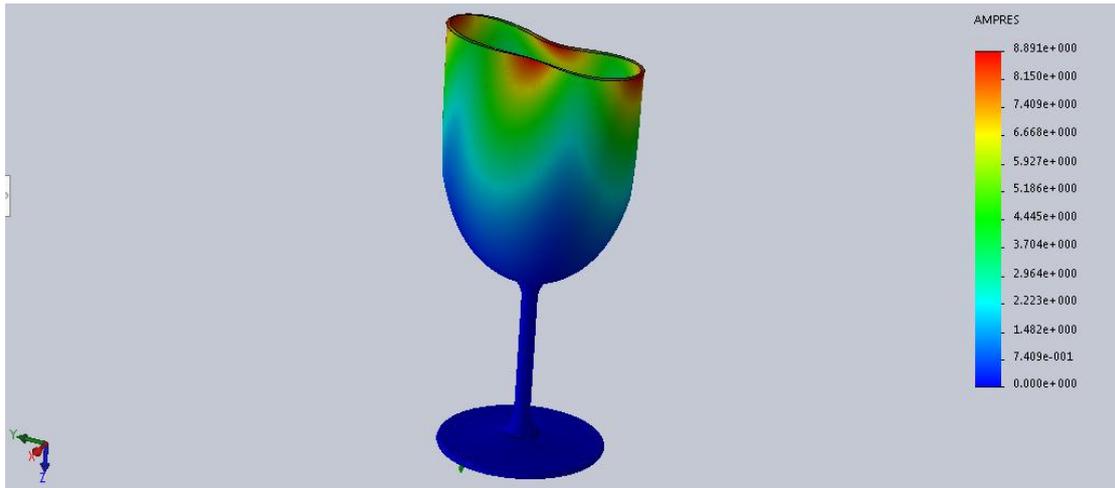


Imagen 29: Cálculo empotramiento base modo 6

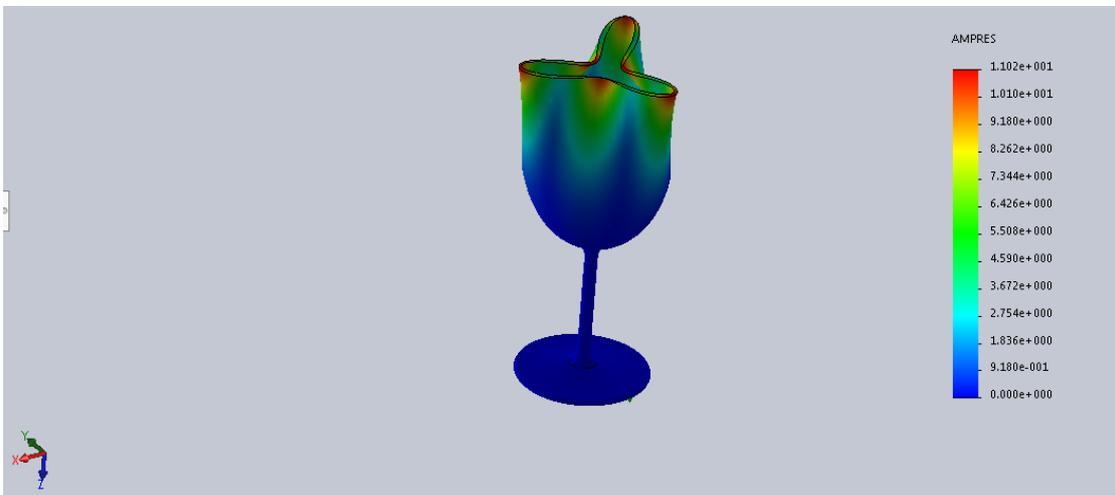


Imagen 30: Cálculo empotramiento base modo 9

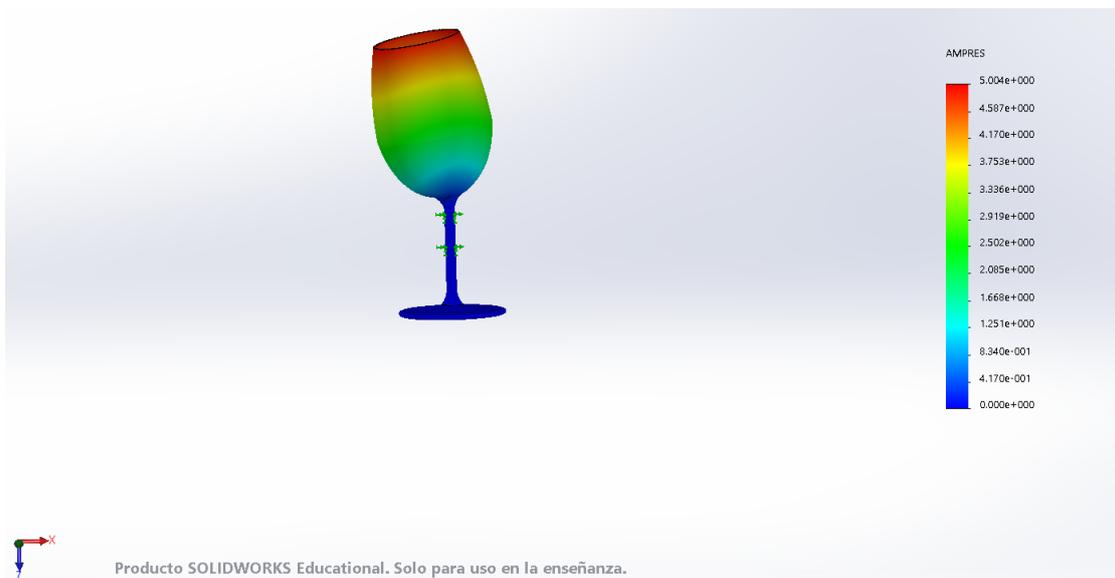


Imagen 31: Cálculo empotramiento tallo modo 1

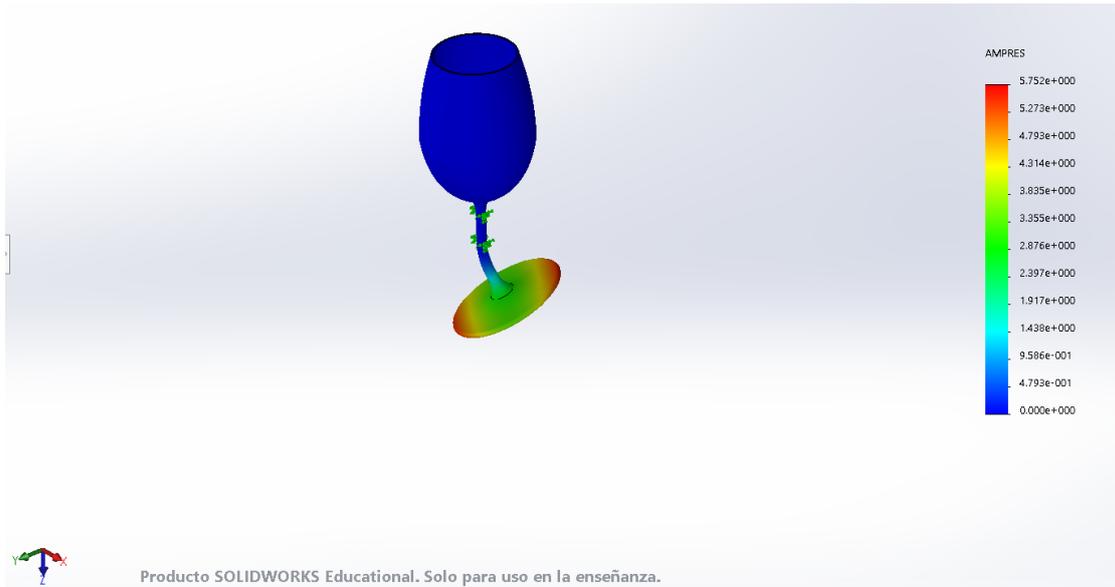


Imagen 32: Cálculo empotramiento tallo modo 4

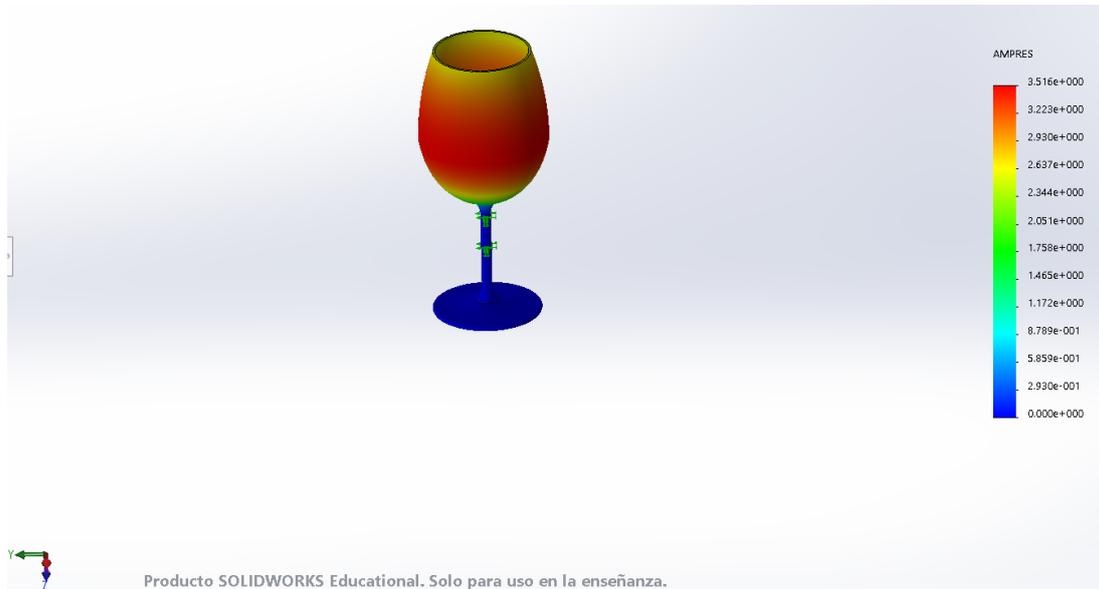


Imagen 33: Cálculo empotramiento tallo modo 6

MODELO MARQUÉS DE CÁCERES

De igual forma al anterior modelo, se crea un croquis en el programa Solidworks a partir de las medidas tomadas en la copa real, y se hace una revolución para obtener el sólido final.

Así mismo, se calculan 10 modos propios del modelo en dos simulaciones distintas: una con empotramiento en la base y otra con empotramiento en el tallo.

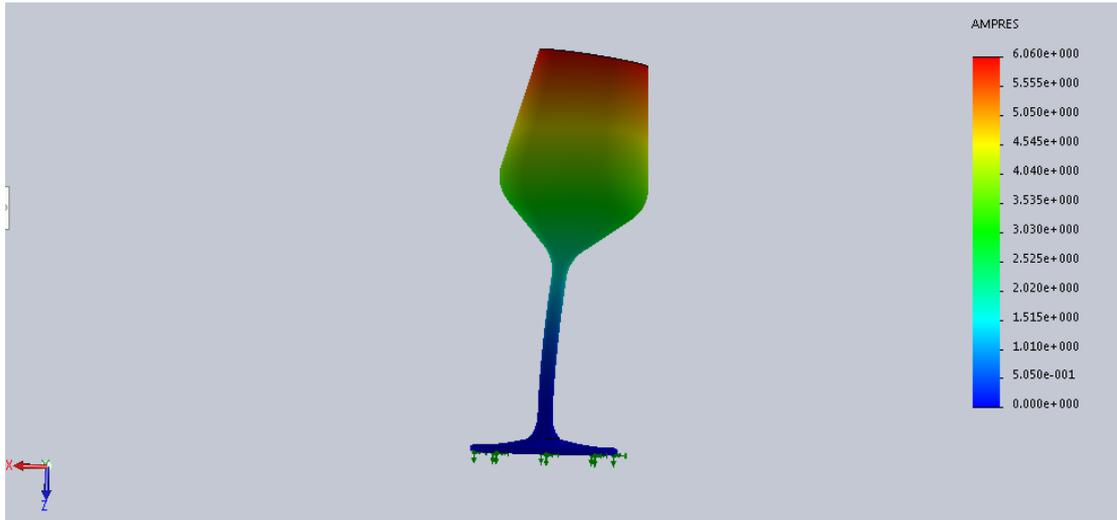


Imagen 34: Cálculo empotramiento base modo 1

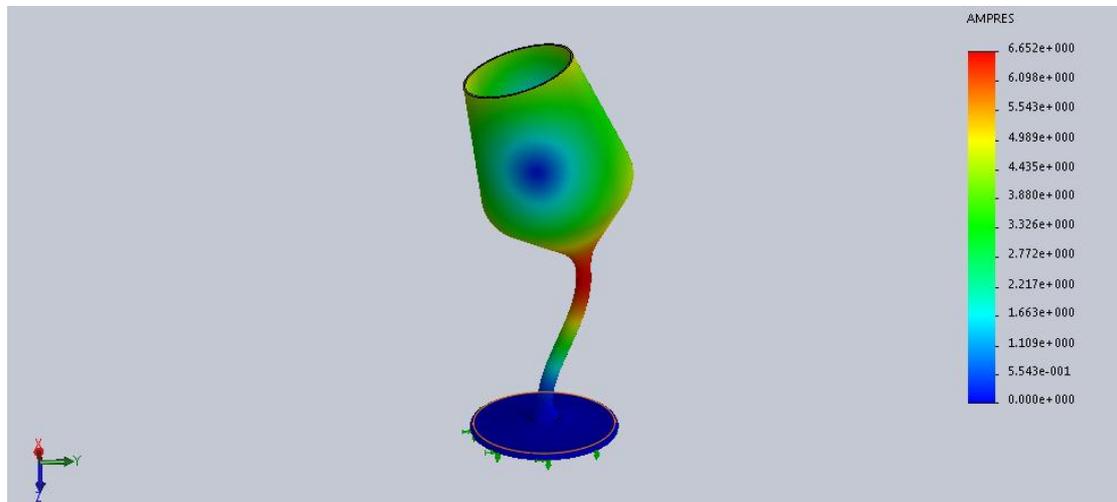


Imagen 35: Cálculo empotramiento base modo 4

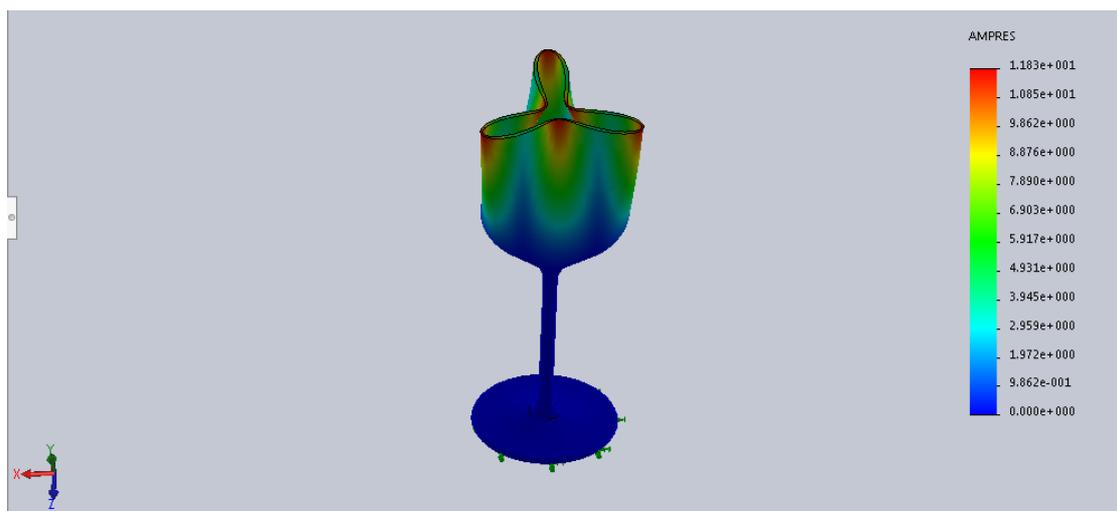


Imagen 36: Cálculo empotramiento base modo 8

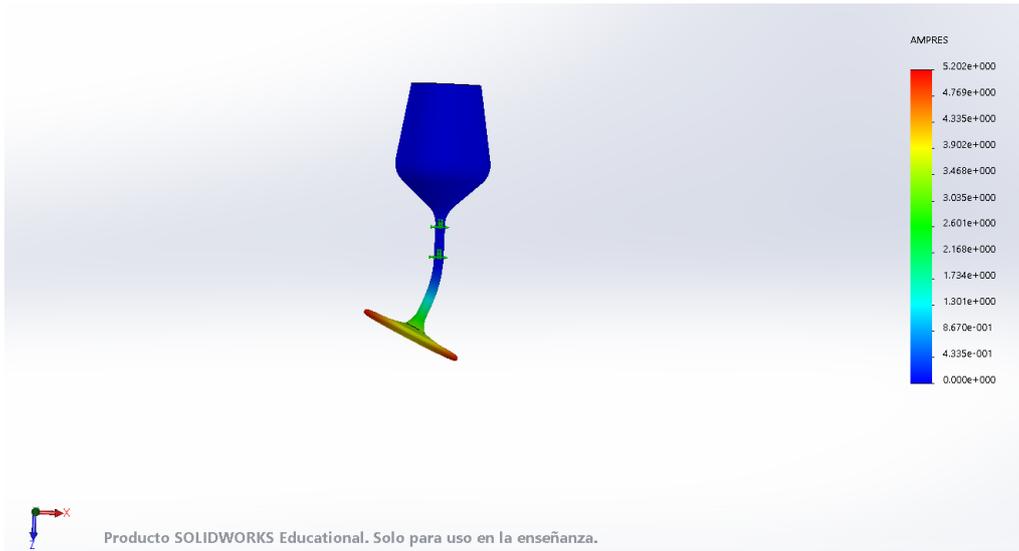


Imagen 37: Cálculo empotramiento tallo modo 1



Imagen 38: Cálculo empotramiento tallo modo 4

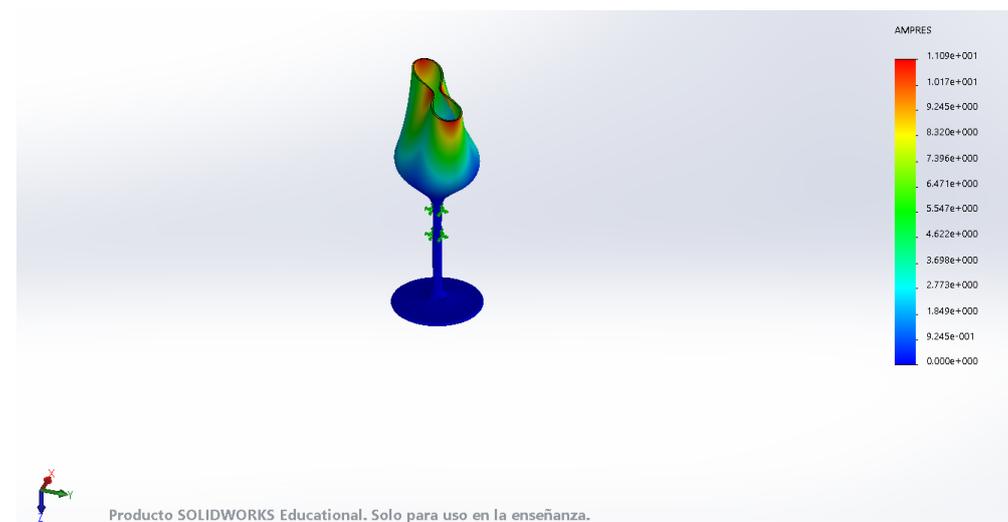


Imagen 39: Cálculo empotramiento tallo modo 6

8.3.3.1.-ENSAYOS ACÚSTICOS.

Los ensayos acústicos consistieron en la realización de una serie de medidas con las siguientes características:

- 3 tipos de copas (con claras diferencias estructurales)
- 3 tipos de vinos: vino tinto, vino blanco y vino espumoso (lambrusco)
- 2 situaciones de servicio: copa apoyada en el suelo (A) y copa sujeta (S) por el tallo³³

En las imágenes 40,41,42,43,44 y 45, se muestran ejemplos de las medidas realizadas.

Como se puede apreciar los ensayos consistieron en medir y registrar los parámetros acústicos (niveles sonoros y la evolución temporal de los espectros de frecuencias) correspondientes al vertido de los diferentes vinos sobre las diferentes copas en las dos situaciones de servicio.

El analizador permite registrar de manera simultánea un gran número de parámetros de nivel sonoro, (L_{eq} , L_{max} , ...) con las diferentes ponderaciones frecuenciales (A, C, Lineal) y temporales (S, F, I)



Imagen 40: Medición VEC1A para vino espumoso (Lambrusco) para copa 1 en situación de servicio apoyada

³³ Estas dos situaciones se simularon en el análisis modal mediante 2 conjuntos de condiciones de contorno: empotramiento en el pie y empotramiento en una zona del tallo.



Imagen 41: Medición VEC2A para vino espumoso (Lambrusco) para copa 2 en situación de servicio apoyada



Imagen 42: Medición VEC3A para vino espumoso (Lambrusco) para copa 3 en situación de servicio apoyada



**Imagen 43: Medición VBC1S para vino blanco para copa 1 en situación de servicio
sujeta**



**Imagen 44: Medición VBC2S para vino blanco para copa 1 en situación de servicio
sujeta**



Imagen 45: Medición VBC3S para vino blanco para copa 1 en situación de servicio sujeta

El analizador permite registrar de manera simultánea un gran número de parámetros de nivel sonoro, (L_{eq} , L_{max} , ...) con las diferentes ponderaciones frecuenciales (A, C, Lineal) y temporales (S, F, I)

Los resultados de las mediciones tanto en lo concerniente a los niveles sonoros L_{eq} (31-32 dB) como en lo referente a los espectros frecuenciales, no fueron concluyentes al no permitir establecer ningún tipo de correlación entre los factores considerados a priori y los parámetros “clásicos” de diseño de las copas. En el apartado de conclusiones se discutirá este aspecto en más profundidad, así como las posibles medidas a adoptar para mejorar futuros ensayos.



9. ETAPA 3ª: ANÁLISIS EXPERIMENTAL: ESTUDIO TERMOGRÁFICO.

En el presente apartado se describe el análisis termográfico que incluye una breve introducción teórica, así como la descripción de los ensayos realizados, la instrumentación utilizada y el análisis y conclusiones de los resultados obtenidos.

9.1 BREVE INTRODUCCIÓN A LA TERMOGRAFÍA.

La termografía por infrarrojos es la ciencia que estudia el uso de dispositivos optoelectrónicos para detectar y medir la radiación a partir de la cual se obtiene la temperatura de las superficies bajo estudio. La radiación es la transferencia de calor que se produce en forma de energía radiante (ondas electromagnéticas) sin que exista un medio directo de transferencia.

La termografía por infrarrojos moderna hace uso de dispositivos optoelectrónicos para detectar y medir a partir de la cual se obtiene la temperatura superficial de la estructura o del equipo inspeccionado.

Existen tres razones que hacen de la termografía infrarroja una herramienta de utilidad fundamental.

- Es sin contacto, la medida se realiza de forma remota
- Es bidimensional
- Se realiza en tiempo real.

La termografía es una tecnología muy diversificada y requiere conocimiento y habilidad de varias áreas. Las principales aplicaciones de la termografía son:

- Monitorizado de procesos: electricidad, edificación, hornos y calderas, mecanismos, tanques y depósitos, problemas de flujo de fluido....
- Investigación y desarrollo.
- Medicina y veterinaria.
- Control de calidad.
- Ensayos no destructivos.

En el libro Termografía infrarroja. Fundamentos, investigación y aplicaciones, podemos encontrar la información relevante que ha sido empleada para la comprensión y estudio de la teoría, que posteriormente se ha aplicado para desarrollar el proyecto y realizar los ensayos.

9.2 INSTRUMENTACIÓN Y SOFTWARE EMPLEADO EN LOS ENSAYOS.

En este apartado se describe la instrumentación empleada para realizar los diferentes ensayos realizados.

9.2.1 CÁMARA TERMOGRÁFICA.

Las cámaras termográficas son dispositivos que detectan patrones térmicos en el espectro de la longitud de onda infrarroja sin entrar en contacto directo con el equipo.

El propósito de una cámara termográfica es detectar la radiación infrarroja que emite el blanco. El blanco es el objeto que va a ser inspeccionado con una cámara termográfica. La radiación infrarroja converge, debido a la óptica de la cámara termográfica, en el detector para obtener una respuesta, que normalmente es un cambio de tensión o de resistencia eléctrica, la cual es leída por los elementos electrónicos de la cámara termográfica. La señal producida por la cámara termográfica se convierte en una imagen electrónica (termograma) en la pantalla.

Un termograma es la imagen de un blanco electrónicamente procesado y mostrado en la pantalla en donde los distintos tonos de color se corresponden con la distribución de la radiación infrarroja en la superficie del blanco. Con este sencillo proceso, el termógrafo es capaz de ver el termograma que se corresponde con la energía radiada procedente de la superficie del blanco.

La cámara empleada en los ensayos experimentales, es de la marca FLIR, modelo P660³⁴, que corresponde a las imágenes mostradas en la imagen 46.



Imagen 46: Cámara FLIR P660 ³⁵

³⁴ Las características técnicas básicas de la cámara FLIR P660 son las recogidas en el anexo 5

³⁵ Fuente: www.flir.com

9.2.2 SOFTWARE TERMOGRÁFICO.

Los programas empleados para analizar las imágenes obtenidas en los ensayos realizados son los siguientes:

- FLIR QuickReport. (Para analizar fotografías).
- ThermoCAM Researcher Professional. (Para analizar videos).

9.2.3 PINZA AMPERIMÉTRICA.

La pinza amperimétrica³⁶ se emplea para realizar mediciones directas en los ensayos de la temperatura del líquido, que se encuentra dentro de la copa con el objeto de registrar la evolución de la temperatura del mismo, ya que como se ha comentado con anterioridad, con la cámara termográfica los resultados obtenidos corresponden con la superficie del cuerpo inspeccionado.

Las mediciones se realizan a través de un sensor de temperatura que incorpora la propia pinza amperimétrica. En la imagen 47, se muestra el instrumento de medida utilizado en los ensayos.



Imagen 47: Pinza amperimétrica utilizada en los ensayos ³⁷

9.2.4 TERMÓ-HIGRÓMETRO AMBIENTAL.

Para registrar la temperatura y la humedad ambiental del laboratorio bajo la que se realizan los ensayos se utilizará el instrumento mostrado en la imagen 48, ya que estos datos son necesarios para realizar la calibración de la cámara termográfica.



Imagen 48: Termo-higrómetro ³⁸

³⁶ Las características técnicas básicas de la pinza amperimétrica son las recogidas en el anexo 6

³⁷ Fuente: www.ht-instruments.com

³⁸ Fuente: www.kestrel.com

9.3 METODOLOGÍA SEGUIDA EN LOS ENSAYOS.

La metodología seguida para la realización de los ensayos ha sido la siguiente:

1. Guardar las copas en el laboratorio donde realizamos los ensayos durante un día para que su temperatura se estabilice (Proceso de atemperado).



Imagen 49: Conjunto de copas empleadas en los ensayos

2. Medir la temperatura y humedad ambiental del laboratorio para después calibrar la cámara termográfica.
3. Calibración de la cámara termográfica (imagen 50).



Imagen 50: Calibración y ajuste de cámara

- Realización del ensayo con la copa de vino seleccionada. Para ello colocamos la copa de vino en una posición fija donde serviremos el vino. En el ejemplo mostrado el vino empleado será blanco.

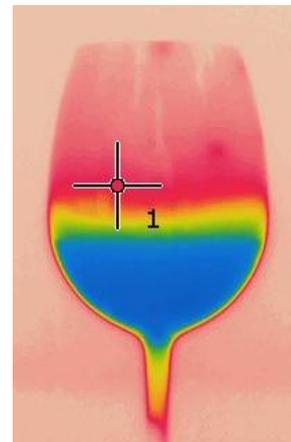


Imagen 51: Ejemplo copa empleada durante ensayo

- Una vez servido el vino realizamos las mediciones de temperatura del líquido con la pinza amperimétrica y tomamos imágenes con la cámara termográfica para posteriormente analizar los resultados obtenidos.



a) Medición temperatura del líquido



b) Imagen termográfica de la copa

Imagen 52: Determinación de la temperatura del líquido y de la copa

- Cada ensayo ha sido realizado tres veces con el objetivo de garantizar la fiabilidad de los resultados. La metodología sería siempre la misma para cada ensayo realizado. Una vez realizado los ensayos con una copa, se procede a lavar y secar la misma dejándola en el laboratorio durante un día para estabilizar su temperatura a las condiciones del laboratorio.
- Por último, se realiza un análisis de los datos obtenidos y se obtienen las conclusiones.

9.4 ENSAYOS TERMOGRÁFICOS REALIZADOS.

En este apartado se describe los ensayos que se han realizado y se expondrán los resultados obtenidos. Las conclusiones de cada ensayo se realizarán en el siguiente apartado.

9.4.1 ENSAYO N°1.

El primer ensayo consiste en ver la evolución que tiene la temperatura cuando servimos el vino en las mismas condiciones de temperatura en dos copas de vino realizadas con materiales diferentes. Las copas empleadas son, una de ellas de vidrio con más de 24% de plomo, mientras que la otra es una copa de plástico, en concreto de acrílico (imagen 53).



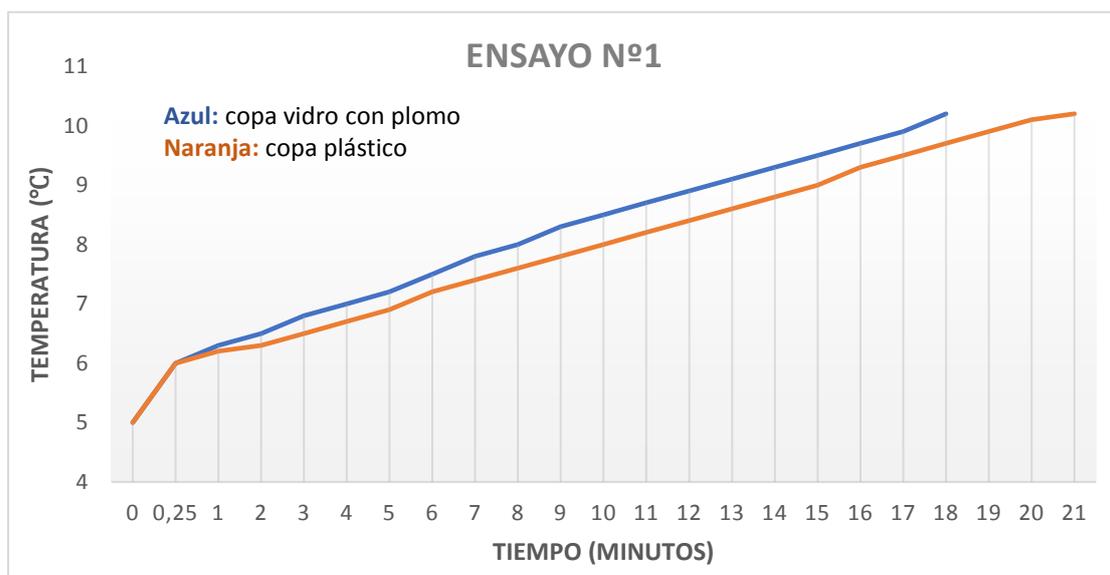
a) Copa de vidrio con plomo



b) Copa de acrílico

Imagen 53: Copas empleadas durante ensayo n°1

La evolución de la temperatura la podemos ver en la gráfica 1, además en la tabla 4 tenemos recopilados todas las mediciones realizadas con los datos obtenidos.

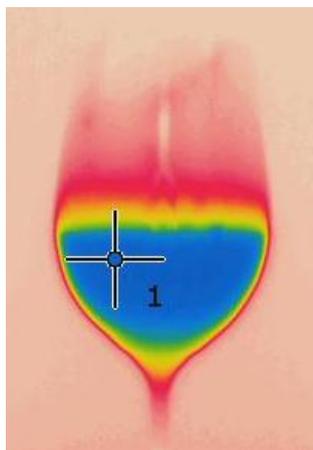


Gráfica 1: Evolución de temperaturas durante el ensayo n°1

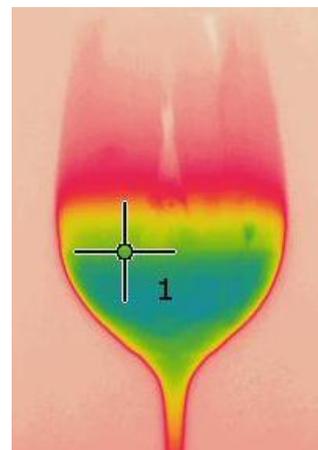
ENSAYO Nº1		
	TEMPERATURA (°C)	
TIEMPO (MIN)	COPA CON PLOMO	COPA ACRÍLICO
0	5	5
0,25	6	6
1	6,3	6,2
2	6,5	6,3
3	6,8	6,5
4	7	6,7
5	7,2	6,9
6	7,5	7,2
7	7,8	7,4
8	8	7,6
9	8,3	7,8
10	8,5	8
11	8,7	8,2
12	8,9	8,4
13	9,1	8,6
14	9,3	8,8
15	9,5	9
16	9,7	9,3
17	9,9	9,5
18	10,2	9,7
19		9,9
20		10,1
21		10,2

Tabla 4: Tabla de evolución de temperaturas en el ensayo nº1

Por último, mostrar algunas de las imágenes tomadas con la cámara termográfica ya que estas han sido empleadas para elaborar las conclusiones y observar que evolución tiene la temperatura en la copa de vino. La cruz que se aprecia en la figura corresponde al lugar donde se mide la temperatura para ese momento determinado.



a) Temperatura en minuto 7



b) Temperatura en minuto 16

Imagen 54: Evolución de la temperatura durante el ensayo nº1

9.4.2 ENSAYO N°2.

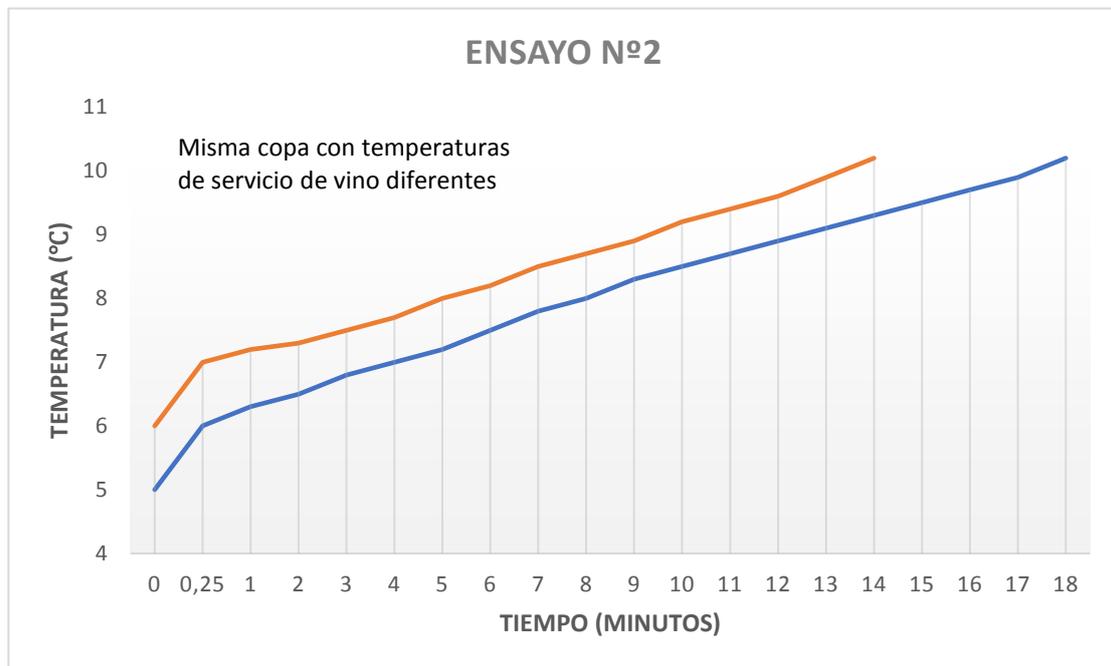
El segundo ensayo consiste en servir vino en una copa determinada para comprobar como evoluciona la temperatura al servir el vino a temperaturas diferentes al inicio del ensayo.

La copa mostrada en la imagen 55, es la empleada para este ensayo y corresponde a una copa de vino con más de 24% de plomo.



Imagen 55: Copa de vidrio con plomo

La evolución de la temperatura de este ensayo la podemos ver en la gráfica 2 y los datos que se obtenidos quedan recogidos en la tabla 5.

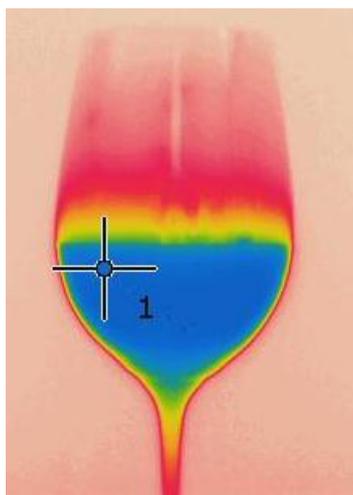


Gráfica 2: Evolución de temperaturas durante el ensayo n°2

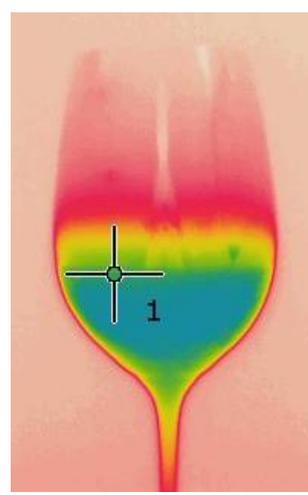
ENSAYO Nº2		
TIEMPO	TEMPERATURA	
0	5	6
0,25	6	7
1	6,3	7,2
2	6,5	7,3
3	6,8	7,5
4	7	7,7
5	7,2	8
6	7,5	8,2
7	7,8	8,5
8	8	8,7
9	8,3	8,9
10	8,5	9,2
11	8,7	9,4
12	8,9	9,6
13	9,1	9,9
14	9,3	10,2
15	9,5	
16	9,7	
17	9,9	
18	10,2	

Tabla 5: Tabla de evolución de temperaturas en el ensayo nº2

Por último, en la imagen 56 se muestran algunas de las imágenes termográficas empleadas para elaborar las conclusiones y observar que evolución tiene la temperatura en la copa de vino.



a) Temperatura en minuto 4



b) Temperatura en minuto 12

Imagen 56: Evolución de la temperatura durante el ensayo nº2

9.4.3 ENSAYO N°3.

En el objetivo del tercer ensayo es servir vino en las mismas condiciones iniciales sobre tres copas diferentes en cuanto a su forma y tamaño con el objetivo de ver como evoluciona la temperatura en cada una de ellas.

Las copas empleadas son, una de champán, otra de vino tinto y por último una copa de vino blanco (imagen 57).



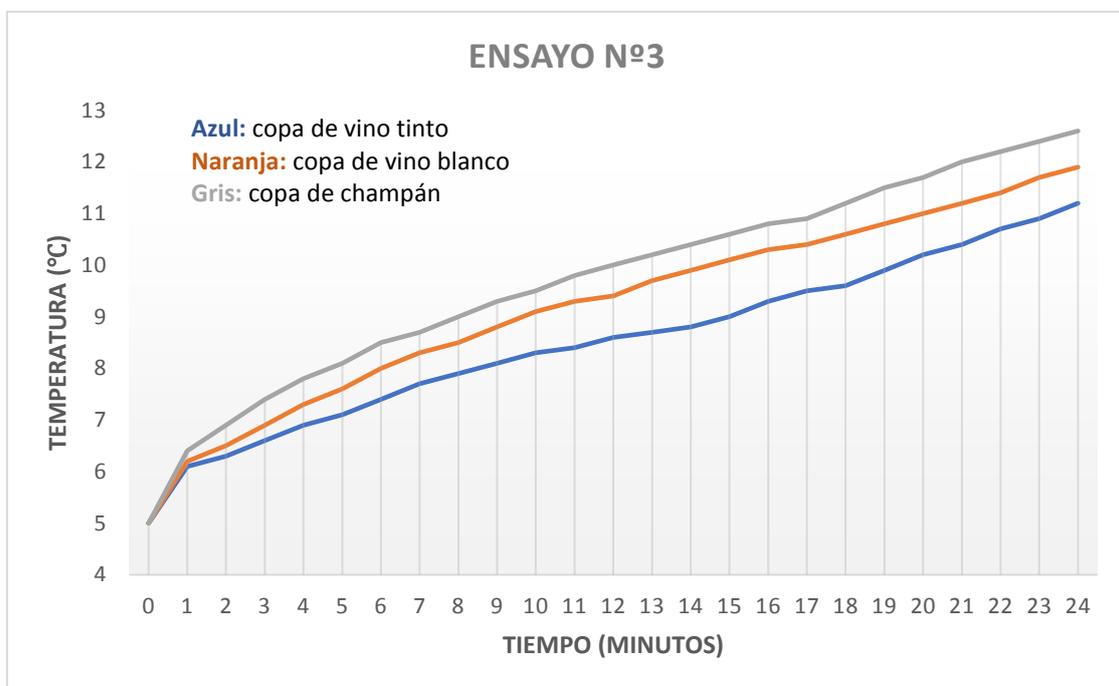
a) Copa de champán

b) Copa de vino tinto

c) Copa de vino blanco

Imagen 57: Copas empleadas en el ensayo n°3

La evolución de la temperatura la podemos ver en la gráfica 3 y los datos que se han obtenido en este ensayo quedan recogidos en la tabla 6.

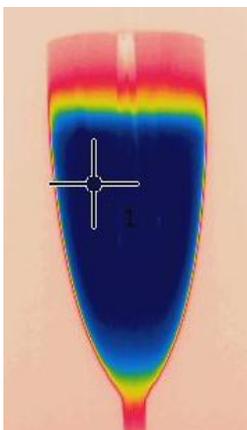


Gráfica 3: Evolución de temperaturas en el ensayo n°3

ENSAYO Nº3			
TIEMPO	TEMPERATURA		
	Copa Champán	Copa Blanco	Copa Tinto
0	5	5	5
1	6,1	6,2	6,4
2	6,3	6,5	6,9
3	6,6	6,9	7,4
4	6,9	7,3	7,8
5	7,1	7,6	8,1
6	7,4	8	8,5
7	7,7	8,3	8,7
8	7,9	8,5	9
9	8,1	8,8	9,3
10	8,3	9,1	9,5
11	8,4	9,3	9,8
12	8,6	9,4	10
13	8,7	9,7	10,2
14	8,8	9,9	10,4
15	9	10,1	10,6
16	9,3	10,3	10,8
17	9,5	10,4	10,9
18	9,6	10,6	11,2
19	9,9	10,8	11,5
20	10,2	11	11,7
21	10,4	11,2	12
22	10,7	11,4	12,2
23	10,9	11,7	12,4
24	11,2	11,9	12,6

Tabla 6: Tabla de evolución de temperaturas en el ensayo nº3

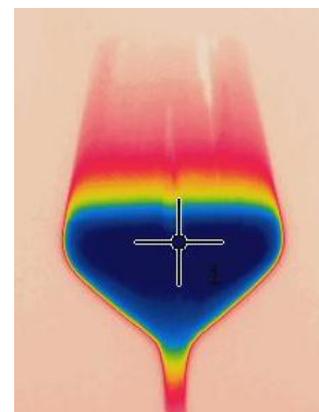
En la imagen 58, se muestran algunas imágenes termográficas tomadas durante el ensayo nº3.



a) Copa de champán



b) Copa de vino tinto



c) Copa de vino blanco

Imagen 58: Imágenes tomadas con la cámara termográfica

9.4.4 ENSAYO N^o4.

Para el cuarto ensayo se emplean tres copas idénticas, pero de diferentes colores con el objetivo de ver la evolución que tiene la temperatura en cada una de las copas y comprobar si este factor de composición influye en la evolución de la temperatura.

Es importante hacer notar que el color en sí mismo no es relevante en relevante ya que lo que se quiere evaluar es la influencia de los aditivos.

Las copas empleadas son de color rojo, de color verde, y de color blanco transparente.



a) Copa roja



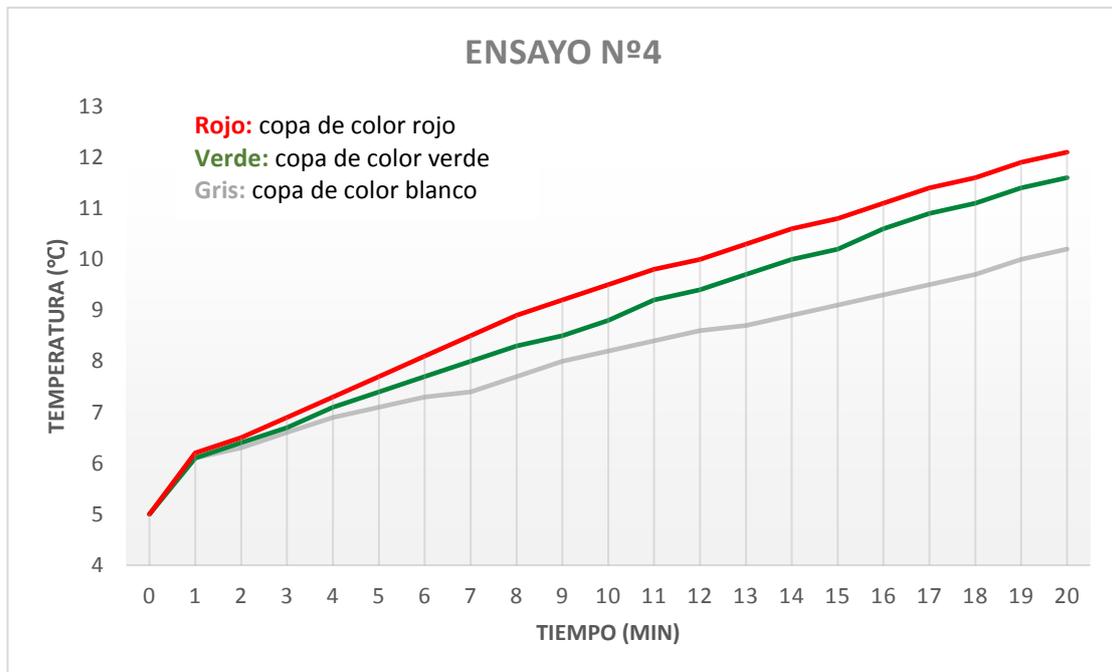
b) Copa verde



c) Copa transparente

Imagen 59: Copas empleadas en el ensayo n^o4

La evolución de la temperatura la podemos ver en la gráfica 4 y los datos que se han obtenido en este ensayo quedan recogidos en la tabla 6.

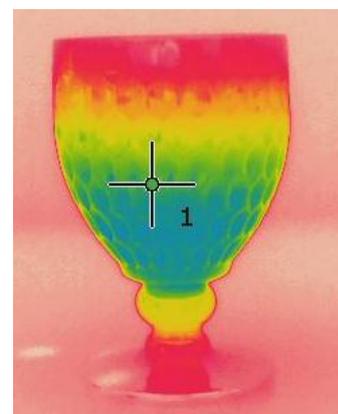
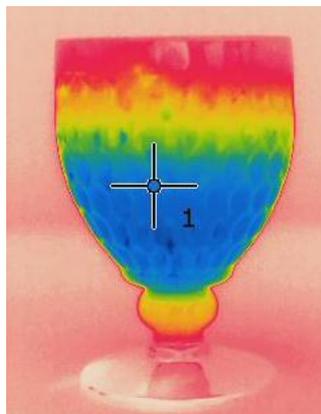
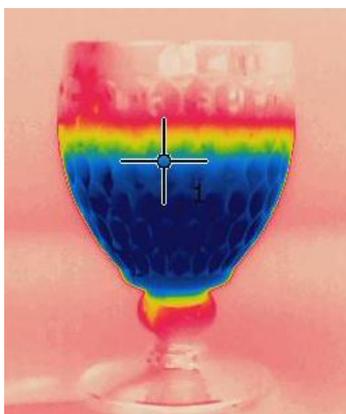


Gráfica 4: Evolución de temperaturas en el ensayo n^o4

ENSAYO N ^o 4			
TIEMPO (MIN)	TEMPERATURA		
	Copa Blanca	Copa Verde	Copa Roja
0	5	5	5
1	6,1	6,1	6,2
2	6,3	6,4	6,5
3	6,6	6,7	6,9
4	6,9	7,1	7,3
5	7,1	7,4	7,7
6	7,3	7,7	8,1
7	7,4	8	8,5
8	7,7	8,3	8,9
9	8	8,5	9,2
10	8,2	8,8	9,5
11	8,4	9,2	9,8
12	8,6	9,4	10
13	8,7	9,7	10,3
14	8,9	10	10,6
15	9,1	10,2	10,8
16	9,3	10,6	11,1
17	9,5	10,9	11,4
18	9,7	11,1	11,6
19	10	11,4	11,9
20	10,2	11,6	12,1

Tabla 7: Tabla de evolución de temperaturas en el ensayo n^o4

Por último, en la imagen 60, se muestran imágenes termográficas para observar la evolución tiene la temperatura en las distintas copas de vino.



a) Temperatura minuto 2 b) Temperatura minuto 9 c) Temperatura minuto

18

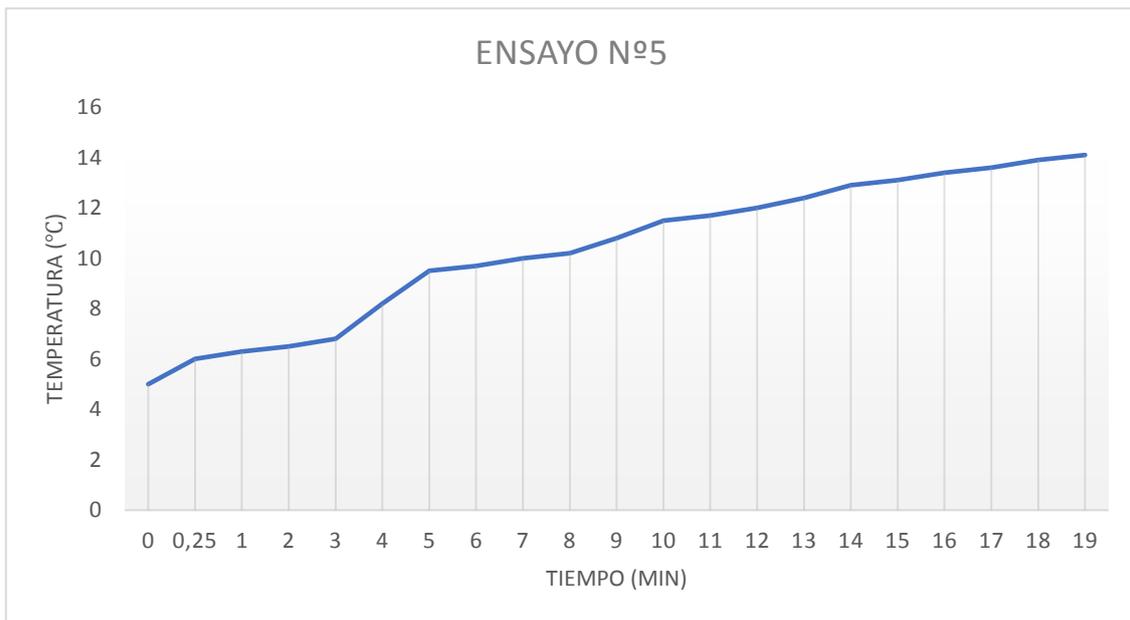
Imagen 60: Evolución temperatura durante el ensayo n^o4

9.4.5 ENSAYO N°5.

El objetivo del quinto y último ensayo es comprobar que evolución tiene la temperatura cuando manipulamos la copa de vino durante el experimento. Simularemos que cogemos la copa de vino con la mano por el globo de diferentes formas, que sujetamos la copa cerca del globo sin llegar a tocarlo, moveremos el vino dentro de la copa. Se eligen estas simulaciones porque en el día a día estas acciones son muy corrientes entre la población y queremos cuantificarlo para saber como repercute.

La copa empleada en este ensayo es la misma que en el ensayo número dos.

La evolución de la temperatura la podemos ver en la gráfica 5 y los datos que se han obtenido en este ensayo quedan recogidos en la tabla 8.

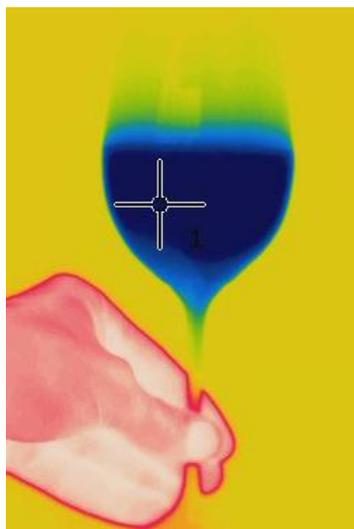


Gráfica 5: Evolución de temperaturas en el ensayo nº5

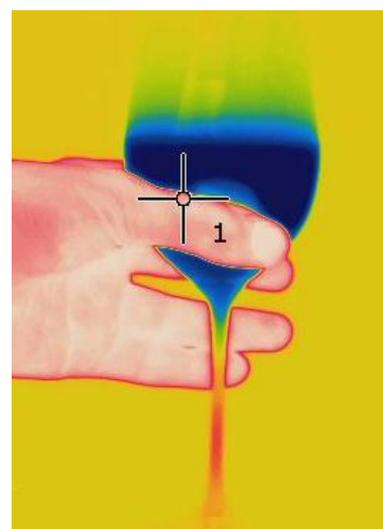
ENSAYO Nº5	
TIEMPO	TEMPERATURA
0	5
0,25	6
1	6,3
2	6,5
3	6,8
4	8,2
5	9,5
6	9,7
7	10
8	10,2
9	10,8
10	11,5
11	11,7
12	12
13	12,4
14	12,9
15	13,1
16	13,4
17	13,6
18	13,9
19	14,1

Tabla 8: Tabla de evolución de temperaturas en el ensayo nº5

En la imagen 61 y 62, se muestra un ejemplo de las imágenes utilizadas para elaborar las conclusiones y observar que evolución tiene la temperatura en la copa de vino en función de las distintas formas de sujetar la copa.



a) Sujeción tallo



b) Sujeción globo

Imagen 61: Sujeción de copa en distintas posiciones

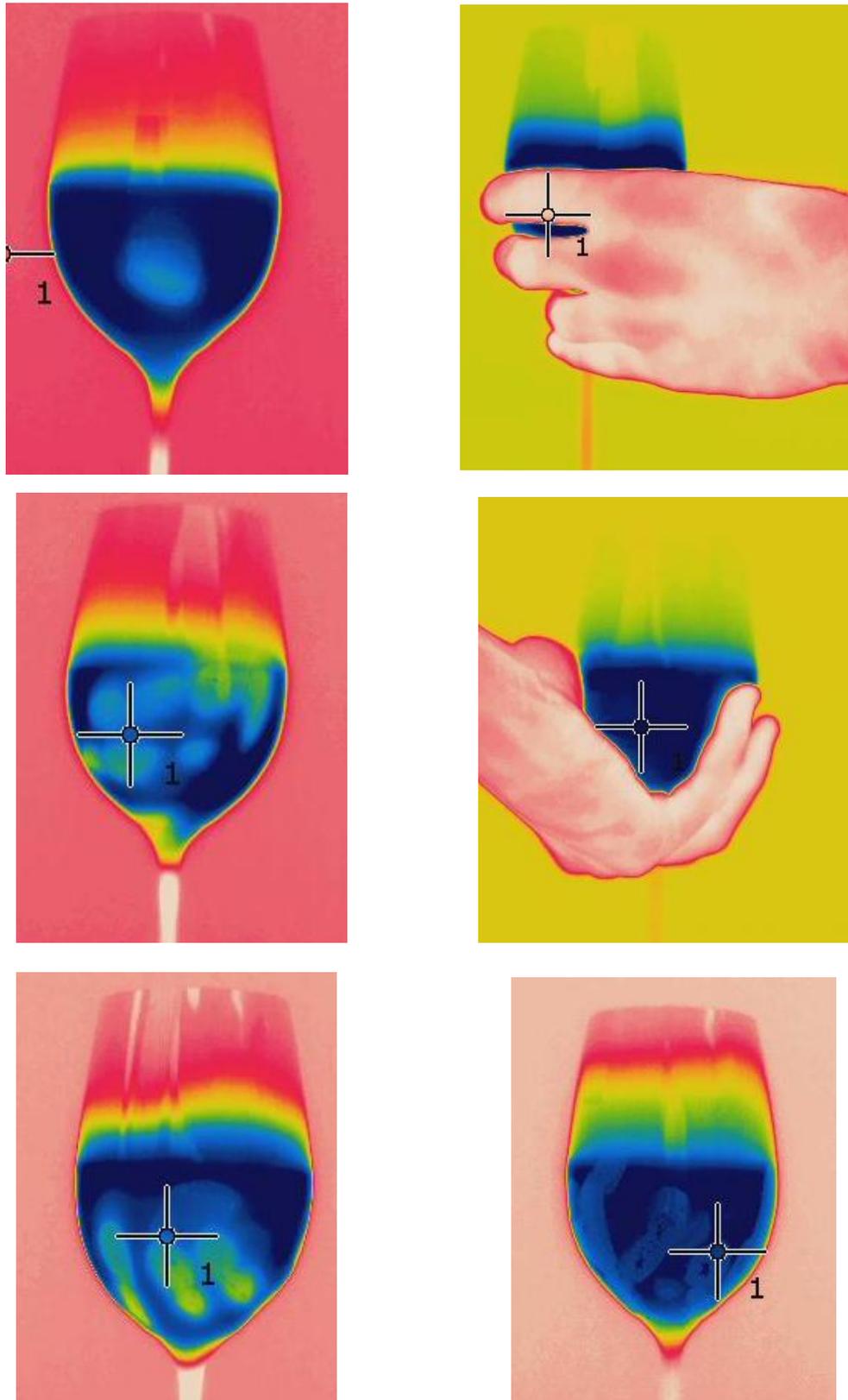


Imagen 62: Sujeción de copa en distintas posiciones



9.5. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO TERMOGRÁFICO.

En este apartado se analizan los resultados obtenidos tras realizar los ensayos y se aportan las conclusiones que se obtienen.

9.5.1 CONCLUSIONES ENSAYO Nº1.

En el primer ensayo empleamos dos copas de características muy similares de forma y tamaño, pero compuestas por materiales distintos. Los materiales de las copas son vidrio con 24% de plomo y acrílico (plástico).

La copa de acrílico necesita 21 minutos para alcanzar la temperatura de 10.2 grados, mientras que en la copa de vidrio alcanza la misma temperatura en 18 minutos, por tanto, podemos concluir con que el tipo de material influye en la evolución de la temperatura.

Por otro lado, las conclusiones más importantes que se obtiene de este ensayo tras analizar las imágenes tomadas con la cámara termográfica y ver la evolución de la temperatura son:

- La temperatura evoluciona de forma lineal durante todo el ensayo excepto al principio. Al principio del ensayo la temperatura experimenta un incremento de un grado en apenas 30 segundos mientras que a partir de este momento la temperatura evoluciona a razón de 0.3-0.2 grados por minuto. El motivo de este incremento de temperatura tan repentino en tan poco tiempo se debe a la gran diferencia de temperatura que existe al principio entre el vino y la copa. Posteriormente la temperatura de la copa de vino se estabiliza y a partir de este momento sufre la evolución de temperatura gradualmente y de forma lineal.
- Tras analizar las imágenes tomadas con la cámara termográfica observamos que la mayor cantidad de intercambio de calor que se produce durante el ensayo es en la zona donde el contacto de vino con el aire es directo este intercambio de calor se debe al fenómeno de radiación, por este motivo la evolución de temperatura es muy similar en ambas copas y el hecho de que sean materiales distintos no afecta tanto a la evolución de temperatura porque la mayor disipación se produce en esta zona.
- La mayor disipación de calor se producirá cuando el volumen de vino se encuentre en el lugar de mayor diámetro de la copa y, por el contrario, la menor disipación de calor será cuanto más pequeño sea el diámetro de contacto aire-vino.
- Otro factor que influye, pero no tanto como el fenómeno de radiación es el calor que se pierde por conducción ya que las copas son de materiales diferentes, y por este motivo el comportamiento de los materiales es diferente y como hemos explicado antes uno es más aislante que otro.



9.5.2 CONCLUSIONES ENSAYO Nº2.

En el segundo ensayo empleamos la copa de vino con 24% de plomo para comprobar que evolución tiene la temperatura sirviendo el vino a diferentes temperaturas inicialmente. A través de la encuesta y de las diferentes páginas especializadas en vino obtenemos que la temperatura de servicio ideal para degustar un vino blanco debe estar comprendida entre 6-8 grados.

Este ensayo tiene por objetivo determinar cual es la mejor temperatura para servir el vino blanco y poder disfrutar durante más tiempo del vino en ese rango de temperatura. Las conclusiones que se obtienen son:

- Si servimos el vino a una temperatura de 6 grados podremos degustar el vino en el rango de temperatura óptimo durante 5 minutos. Sin embargo, al servir el vino a una temperatura de 5 grados podemos disfrutar durante 9 minutos a una temperatura óptima.
- Como hemos comentado en el anterior ensayo, el hecho de servir el vino a 6 grados produce que tengas un menor tiempo de temperatura de vino en condiciones óptimas ya que nada más servir el vino sufre un incremento de temperatura de 1 grado en apenas 30 segundos, por tanto, si servimos el vino por debajo de su temperatura óptima de servicio al transcurrir 30 segundos entramos en el rango de temperatura óptimo y podemos disfrutar de más tiempo el vino a una temperatura correcta.



9.5.3 CONCLUSIONES ENSAYO Nº3.

En el tercer ensayo empleamos tres copas muy diferentes entre ellas con el objetivo de comprobar si la forma y diseño de la copa influye en el comportamiento que tiene la temperatura del vino.

Las conclusiones que se obtienen tras realizar el ensayo son:

- Viendo los resultados obtenidos podemos concluir que la forma y diseño de la copa afectan a la evolución que tiene la temperatura porque al finalizar el ensayo existe una diferencia de temperatura entre la copa de champán y la de blanco de 0.7 grados, mientras que entre la copa de champán y la copa de vino tanto existe una diferencia de 1.4 grados. También existe una diferencia de 0,7 grados entre la copa de blanco y la copa de tinto.
- Si analizamos el rango de temperatura óptimo que será el comprendido entre 6 y 8 grados en la copa de champán podremos disfrutar del vino durante 9 minutos mientras que con la copa de vino blanco será de 6 minutos y finalmente con la copa de vino tinto será de 5 minutos.
- Analizando las imágenes de la cámara termográfica se observa que la diferencia de temperatura reside principalmente en el calor que se pierde por radiación por el contacto entre aire-vino y como hemos comentado anteriormente está directamente relacionado con el diámetro de la copa, cuanto mayor diámetro mayor transferencia de calor se producirá.
- El calor que se pierde por conducción entre aire-vidrio-cristal será muy similar en ambos casos porque las tres copas tienen el mismo espesor y se sirve la misma cantidad de vino en todas las copas, por lo que el contacto de vino con la superficie de la copa es igual en los tres casos.



9.5.4 CONCLUSIONES ENSAYO Nº4.

En el cuarto ensayo empleamos tres copas idénticas, pero de colores distintos con el objetivo de saber si esta variación en la composición de los materiales de la copa afecta a la evolución de la temperatura.

Las conclusiones que se obtienen tras analizar los resultados obtenidos son:

- Analizando los resultados obtenidos podemos afirmar que el color del vidrio afecta al comportamiento de la temperatura ya que al finalizar en el ensayo existe una diferencia de 1.4 grados entre la copa blanca y la verde y de 1.9 grados entre la copa blanca y la roja, mientras que entre la verde y la roja hay una diferencia de 0.5 grados.
- Si empleamos la copa de vino blanca podemos disfrutar del vino en el rango de temperatura óptima de 6-8 grados durante 10 minutos mientras que si empleamos la copa verde la duración será de 7 minutos y en el caso de la copa de color rojo la duración será de 6 minutos.
- El hecho de producirse una diferencia de temperatura entre las copas se debe al color del vidrio ya que el ensayo está realizado con copas idénticas, con el mismo espesor y mismas condiciones de ensayo, vino y volumen de llenado. Por tanto, el calor perdido por conducción será igual en las tres copas.
- La transferencia de calor por radiación será idéntica en ambas copas porque la superficie de contacto entre el vino y el aire es idéntica en los tres casos ya que se sirve la misma cantidad de vino.
- El color de las copas repercute sobre el vino de diferente manera, en el caso de las copas oscuras hay mayor absorción de luz y por tanto mayor transmisión de calor, mientras que en la copa blanca la luz se refleja mayor cantidad de luz por lo que se transmite menos calor, motivo por el cual la evolución de temperatura es más lenta en la copa clara con respecto a las oscuras.



9.5.5 CONCLUSIONES ENSAYO Nº5.

En el quinto ensayo simulamos distintas sujeciones de la copa con el objetivo de ver la repercusión sobre la temperatura ya que en la vida cotidiana mucha gente no sujeta la copa correctamente.

Las conclusiones que obtenemos tras realizar en ensayo son:

- La copa empleada es la misma que en el ensayo número dos y como analizamos anteriormente si dejamos la copa fija y vemos la evolución de la temperatura en el tiempo observamos que evoluciona 0.2-0.3 grados por minuto. En este caso el comportamiento es el mismo excepto en los minutos cuatro y cinco ya que se produce un incremento de unos 2.5 grados en tan solo dos minutos y el motivo de este incremento tan brusco es por sujetar la copa por el globo, se produce una conducción de calor de nuestro mano al globo de la copa y como consecuencia se produce el calentamiento del vino. Además, en los minutos nueve y diez el incremento de temperatura es de 0.6 y 0.7 grados respectivamente y el motivo de este incremento se debe al haber estado moviendo el vino dentro de la copa, por último, en los minutos trece y catorce se produce un incremento de 1 grado de temperatura provocado por sujetar la copa muy cerca del globo que tiene como consecuencia la radiación del calor de nuestro cuerpo.
- Es muy importante sujetar la copa lo más alejado posible del globo, porque como hemos comprobado es muy fácil calentar el vino si hacemos alguna de las acciones descritas anteriormente y como consecuencia podremos disfrutar de un menor tiempo para degustar el vino en su rango de temperatura óptimo.



10. ETAPA 4ª: CONCLUSIONES.

10.1 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS MODAL.

Se han obtenido resultados de los 10 primeros modos propios de cada modelo, algunos de los cuales aparecen en las imágenes. En todos ellos, se observa que las frecuencias obtenidas están en el rango audible por el ser humano (20-20000 Hz).

En general, se observa en los dos modelos que los dos primeros modos corresponden a una flexión simple de las copas, para las dos condiciones de contorno.

En las siguientes frecuencias, en general, afectan a la zona del volumen de la copa (modo 3 de cada una de las copas, con empotramiento en la base).

En el caso del empotramiento en tallo, se observa que hay algunos modos que afectan sólo a la parte superior (modos 1, 2, 6 y 8 del modelo Bodegas Bilbaínas y 3, 4, 6 y 8 de Marqués de Cáceres), mientras que otros afectan sólo a la parte inferior, también libre (3, 4, 5, 9 y 10 del modelo Bodegas Bilbaínas y 1, 2, 5, 9 y 10).

Por último, se hace notar que, en el caso de empotramiento en la base, para ambas copas se tienen dos modos en los que la zona del volumen se deforma considerablemente: en el modelo Bodegas Bilbaínas, en los modos 6 y 9 (880.06 Hz y 2523.7 Hz, respectivamente), y en el modelo de Marqués de Cáceres, en los modos 6 y 8 (795.76 Hz y 2135.8 Hz, respectivamente).

La primera de estas deformadas, en el entorno de frecuencia de 800-900 Hz, se tienen dos puntas en la zona superior, mientras que, en la segunda deformada, en el entorno de 2100-2500 Hz, la deformada tiene tres puntas. Ambas formas son similares, y ocurren en un entorno de frecuencias parecido, teniendo en cuenta el rango total estudiado. Ello ocurre para los dos modelos de copas de igual forma.

Por otro lado, en el caso de empotramiento en el tallo, en los primeros 10 modos sólo ocurre una deformada con dos puntas: en el modelo Bodegas Bilbaínas, en el modo 8 (882.18 Hz), y en el modelo de Marqués de Cáceres, en el modo 6 (796.55 Hz). Esto también ocurre para los dos modelos de copas.

En relación al objeto del ensayo modal se concluye que no pueden establecerse correlaciones relevantes entre el comportamiento modal de las diferentes copas y las distintas condiciones de sujeción y los criterios de diseño clásico de carácter subjetivo.



10.2 CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS ACÚSTICOS.

Después del análisis preliminar de los resultados de las mediciones de los ensayos acústicos, se concluyó que los resultados obtenidos no eran concluyentes en relación al objetivo buscado que no era otro que establecer una correlación “objetiva” entre las prestaciones que de manera “clásica” son atribuidas a las copas de manera “subjetiva” por catadores y diseñadores de copas.

Las razones para esta falta de correlación pueden ser varias:

- a) Que esta correlación “vibroacústica” no exista y deban buscarse otras alternativas a ese planteamiento de contraste “objetivo”.
- b) Que las técnicas de medición y análisis no sean lo suficientemente precisas.
- c) Que la influencia acústica del operador sea más importante de la inicialmente estimada.
- d) Que las condiciones acústicas ambientales en las que se han realizado los ensayos no sean las adecuadas
- e) Que las condiciones de vertido del vino no sean reproducibles de ensayo a ensayo (factor humano).

Dada la gran cantidad de información obtenida en esta fase y a que se ha realizado un análisis básico de la misma que ha permitido descartar rápidamente las posibles correlaciones, no se ha considerado conveniente volcarla en este trabajo dado que no aportaría información relevante al margen de las conclusiones anteriormente apuntadas.

A partir de la experiencia obtenida se proponen las siguientes vías futuras de trabajo, se plantean las siguientes medidas que obviamente exceden el alcance del presente trabajo que se planteó como una aproximación al tema:

- a) Utilizar medidas de intensimetría acústica en lugar de las medidas de presión acústica utilizadas dado que la intensimetría acústica evitar buena parte de las incertidumbres planteadas, si bien los equipos son caros y los procedimientos de medida mucho más complejos.
- b) En caso de seguir optando por medidas de presión sonora, mejorar las características de la cámara de ensayos o en su caso utilizar cámaras anecoicas o semianecoicas para la realización de los ensayos, si bien el alquiler de las mismas puede suponer una elevación importante de los costes de los ensayos.
- c) Automatizar las condiciones de vertido del vino, ello implicaría la necesidad de utilizar un brazo robótico (este tipo de técnicas se utilizan en ciertos tipos de mediciones) con lo que se conseguiría hacer reproducible el proceso de vertido y evitar la incidencia acústica del operador. Obviamente este aspecto incrementaría notablemente los costes de los ensayos.



10.3 CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS TERMOGRÁFICOS.

Después de haber realizado los cinco ensayos correspondientes al análisis termográfico y analizado los resultados, a continuación, se muestran las conclusiones más importantes:

- a) La evolución de la temperatura dentro de la copa se produce de forma lineal y de forma muy progresiva.
- b) La mayor disipación de calor se produce por el fenómeno de radiación y será mayor cuanto mayor sea la superficie de contacto entre el vino y el aire.
- c) Si queremos degustar el vino en su rango de temperaturas óptimo, siempre debemos servir el vino por debajo de su temperatura óptima, ya que nada más servirse incrementa su temperatura muy rápido durante el primer minuto.
- d) La evolución de la temperatura del vino se ve influenciada en función del tipo de copa que se emplee tanto por su forma y diseño, como por sus composiciones y materiales empleados en su elaboración.
- e) Si queremos degustar el vino durante más tiempo frío debemos sujetar la copa lo más alejado posible del globo y evitar de interferir los menos posible con el globo de la copa.

Por último, tras los resultados obtenidos después de realizar los ensayos y ver los resultados podemos concluir afirmando que los materiales empleados para elaborar las copas de vino, la temperatura de servicio, la forma y diseño de la copa y la forma de sujetar la copa son factores que afectan de manera directa en la evolución que tiene el vino dentro de la copa.



11. BIBLIOGRAFÍA

1. Del Pino, L. (2008). Historia de los vasos y copas. *Club Gourmet*.
2. Dubón, María. (2006). Historia del vidrio. *Cierzo*.
3. Xiaoang Wan, Andy T. Woods, Kyoung-Hwan Seoul, Natalie Butcher and Charles Spence. (2015). When the shape of the glass influences the flavour associated with a coloured beverage: Evidence from consumers in three countries. *Food Quality and Preference*, 39, 109-116.
4. T.S. Krasnopolskaya and G.J.F. van Heijst. (2018). Fluid surface waves in a partially filled 'singing wine glass'. *European Journal of Mechanics / B Fluids*, 67, 116-124.
5. Takahiro Arakawa, Kenta Iitani, Xin Wang, Takumi Kajiro, Koji Toma, Kazuyoshi Yanoc and Kohji Mitsubayashi. (2015). A sniffer-camera for imaging of ethanol vaporization from wine: the effect of wine glass shape. Royal Society of Chemistry, 140.
6. George Van Doorn, Andy Woods, Carmel A. Levitan, Xiaoang Wan, Carlos Velasco, Cesar Bernal-Torres y Charles Spence. (2017). Does the shape of a cup influence coffee taste expectations? A crosscultural, online study. *Food Quality and Preference*, 56, 201-211.
7. Danny Ciceri, Estelle Petit, Claire Garrel, Erminio Monteleone and Agnes Giboreau. (2016). Effect of glass shape on subjective and behavioral consumer responses in a real-life context of drinking consumption. *Food Quality and Preference*, 20, 50-63.
8. Adrian Mirabito, Markus Oliphant, George Van Doorn, Shaun Watsona and Charles Spence. (2017). Glass shape influences the flavour of beer. *Food Quality and Preference*, 62, 257-261.
9. Xiaoang Wan, Xi Zhou, Andy T. Woods and Charles Spence. (2015). Influence of the glassware on the perception of alcoholic drinks. *Food Quality and Preference*, 44, 101-110.
10. Liger-Belair, G., Bourget, M., Villaume, S., Jeandet, P., Pron, H. and Polidori, G. (2010). Thermography shows why champagne should be poured differently. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (15), 8768-8775.
11. Annachiara Cavazzana, Maria Larsson, Eileen Hoffmann, Thomas Hummel and Antje Haehner. (2017). The vessel's shape influences the smell and taste of cola. *Food Quality and Preference*, 59, 8-13.
12. Lior Arbel, Yoav Y. Schechner and Noam Amir. (2017). Wine glass sound excitation by mechanical coupling to plucked strings. *Applied Acoustics*, 124, 1-10.
13. Jesús Ma. Rincón, Grupo/Lab de Materiales Vítreos y Cerámicos Instituto E. Torroja de Ciencias de la Construcción, CSrc. Materias Primas para la Industria del Vidrio.
14. Información procedente de Ingenieros químicos que trabajan en la fábrica de vidrio Verallia-Zaragoza situada en Cuarte.



12. ANEXOS.

12.1 ENCUESTA.

Este cuestionario corresponde a una encuesta destinada a un Trabajo de Investigación Universitaria.

Los datos que usted nos proporcione son anónimos y serán tratados confidencialmente.

LE ROGAMOS INDIQUE CON UNA CRUZ EN LA CASILLA CORRESPONDIENTE.

1. CONSUMO O RELACIÓN CON EL VINO

1.1. ¿CUÁL ES SU RELACIÓN CON EL MUNDO DEL VINO?
a) ENÓLOGO
b) SOMMELIER
c) ESTUDIANTE UNIVERSITARIO DE ENOLOGÍA

2. SOBRE EL RECIPIENTE DE CATA

2.1. ¿RECIPIENTE PREFERIDO?
a) VASO
b) COPA
c) OTROS
d) INDIFERENTE

2.2. ¿MATERIAL DEL RECIPIENTE? PREFERENCIA
a) CRISTAL
b) VIDRIO
c) METAL
d) OTROS MATERIALES

2.3. ¿FORMA DEL RECIPIENTE? PREFERENCIA
a) CILÍNDRICO
b) OVOIDE
c) TRONCOCÓNICO
d) ESFÉRICO
e) INDIFERENTE

2.4. ¿ESPESOR PAREDES RECIPIENTE? PREFERENCIA
a) GRUESO (4 o más mm)
b) MEDIANO (2 mm)
c) FINO (de 0,8 a 1 mm)
e) INDIFERENTE



2.5. ¿CONSIDERA IMPORTANTE LA POROSIDAD DEL CRISTAL?
a) MUCHO
b) ALGO
c) NADA
d) INDIFERENTE
2.6. ¿COLOR DEL CRISTAL? PREFERENCIA
a) OPACO
b) DE COLOR
c) TRANSPARENTE
d) INDIFERENTE
2.7. ¿PIE, COLUMNA Y GLOBO DE COPA DEBEN GUARDAR RELACIÓN ENTRE ELLOS?
a) SÍ
b) NO
d) INDIFERENTE
2.8. ¿CONSIDERA IMPORTANTE EL PESO DE LA COPA?
a) SI ¿PORQUÉ?
b) NO ¿PORQUÉ?
c) INDIFERENTE
2.9. ¿CONSIDERA NECESARIO ESTABLECER DIFERENCIA ENTRE LA COPA DE CONSUMO Y LA DESTINADA A LA CATA?
a) SÍ ¿PORQUÉ?
b) NO ¿PORQUÉ?
c) INDIFERENTE

3. LA COPA Y SU INFLUENCIA SENSORIAL

3.1. ¿LA FORMA Y DISEÑO DE LA COPA INFLUYE EN LA PERCEPCIÓN SENSORIAL DEL VINO?
a) RESULTA INDIFERENTE
b) NO
c) SÍ
3.2. ¿LA FORMA EN LA EMBOCADURA DE LA COPA FACILITA EL CONTACTO DEL VINO CON UNOS U OTROS PUNTOS SENSORIALES DE LA BOCA?
a) EN ABSOLUTO
b) POR SUPUESTO
c) ES UNA LEYENDA URBANA
d) RESULTA INDIFERENTE



3.3. ¿RUIDO, HUMEDAD, LUZ, ...INFLUYEN EN LA PERCEPCIÓN SENSORIAL DEL VINO?
a) NADA
b) MUCHO
c) POCO
d) INDIFERENTE
3.4. ¿LA MANERA DE SERVIR EL VINO INFLUYE EN EL SIGNIFICADO SENSORIAL DE LA CATA?
a) POCO
b) MUCHO
c) PARA NADA
d) INDIFERENTE
3.5. ¿CONVIENE ESCANCIAR EL VINO EN EL MOMENTO DE SERVIR?
a) Sí
b) NO
c) RESULTA INDIFERENTE
3.6. ¿EL HECHO DE GIRAR EL VINO DENTRO DE LA COPA FAVORECE LA OXIGENACIÓN?
a) Sí
b) NO
c) INDIFERENTE
d) ESTIMULA LOS VOLÁTILES DEL AROMA
3.7. ¿LAS FORMAS CERRADAS EN LAS COPAS RESALTAN LOS AROMAS?
a) SI
b) NO
c) RERESULTA INDIFERENTE
3.8. VINO TINTO, VINO BLANCO, VINO ROSADO ¿PARA SU OPTIMA DEGUSTACIÓN REQUIERE CADA UNO DE ELLOS UNA COPA CON DISEÑO DIFERENTE?
a) Sí
b) NO
c) INDIFERENTE
3.9. ¿EL BORDE O LABIO DE UNA COPA INFLUYE EN LA CAPACIDAD SENSITIVA BUCAL?
a) Sí
b) NO
c) INDIFERENTE
3.10. EL BORDE REDONDEADO DE LA COPA
a) INCREMENTA LA CAPACIDAD SENSITIVA
b) REDUCE LA CAPACIDAD SENSITIVA
c) INDIFERENTE



4. OTROS MATICES A RECORDAR

4.1. ¿CUÁL CONSIDERA LA TEMPERATURA OPTIMA PARA DEGUSTAR VINOS BLANCOS?
4.2. ¿CUÁL CONSIDERA LA TEMPERATURA OPTIMA PARA DEGUSTAR LOS VINOS TINTOS?
4.3. ¿QUÉ IMPORTANCIA OTORGA A LA COPA EN EL MOMENTO DE LA CATA?
4.4. ¿QUÉ ES LO QUE MÁS VALORA EN UNA COPA?
4.5. ¿INTRODUCIRÍA ALGUNA INNOVACIÓN EN EL DISEÑO DE LA COPA DE VINO? ¿POR EJEMPLO?

5. PERFIL DEL ENCUESTADO

5.1. SEXO					
MUJER			HOMBRE		
5.2 EDAD					
18-24 AÑOS	25-34 AÑOS	35-44 AÑOS	45-54 AÑOS	55-64 AÑOS	MÁS DE 65
5.3. NIVEL DE ESTUDIOS					
SIN ESTUDIOS	EDUCACIÓN BÁSICA	BACHILLER/ FP	UNIVERSIDAD		

12.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SOUNDBOOK.

El concepto de *SoundBook*

SoundBook es un sistema de medida portable y versátil aplicado a todo tipo de medidas en el campo de la ingeniería.

Con SoundBook, puede trabajar en cualquier lugar, tanto en la oficina como en el exterior. El calor, frío, lluvia, polvo o vibraciones no afectarán a su equipo SoundBook. Gracias a su protección IP54 y a sus especificaciones MIL, SoundBook puede operar en las condiciones ambientales más comprometidas.

Con un peso de 3 kg, su pantalla XGA convertible y legible en ambiente exterior, su bajo consumo de energía y sus amplias posibilidades de conexión, SoundBook es la combinación perfecta de un sofisticado instrumento de medida y un potente PC portátil.

De acuerdo a sus necesidades, es posible escoger entre las variantes de 2, 4 u 8 canales de medida y un interface AES3 opcional.

SoundBook trabaja como una plataforma abierta a varios paquetes de software, como por ejemplo SAMURAI, para 2, 4 y 8 canales que dan solución a las aplicaciones típicas en el campo de la acústica y las vibraciones.



Gracias a su moderna tecnología, SoundBook tiene un bajo consumo de energía, lo que permite prescindir del ventilador. Con el fin de ahorrar consumo y mejorar la fiabilidad, el procesador interno Intel Centrino solamente trabaja a bajas velocidades de reloj.

SoundBook está equipado con una amplia variedad de interfaces: LAN, módem, 2 x USB, RS232, VGA, 2 x CardBus, SD-Card y BlueTooth. Su pantalla táctil permite un conveniente manejo en cualquier localización.

SoundBook está equipado con canales de salida analógicos que puede ser empleados para:

- Escuchar el audio durante la medida.
- Reproducir señales de audio almacenadas.
- Reproducción de señales generadas (senoidales, ruido rosa, blanco, etc).

Aplicaciones de *SoundBook*

SoundBook está especialmente indicado para:

- Protección ambiental y laboral
- Servicios de ingeniería
- Control de calidad
- Investigación y desarrollo

La combinación de la potente tecnología DSP y la funcionalidad de un PC permite la medida sincronizada de todos los parámetros acústicos relevantes, así como el análisis y visualización en tiempo real de las frecuencias en 1/3 de octava y del espectro en banda estrecha para todos los canales disponibles. A continuación, se describen brevemente algunas de las aplicaciones clave del sistema SoundBook:

Medida de Ruido Ambiental

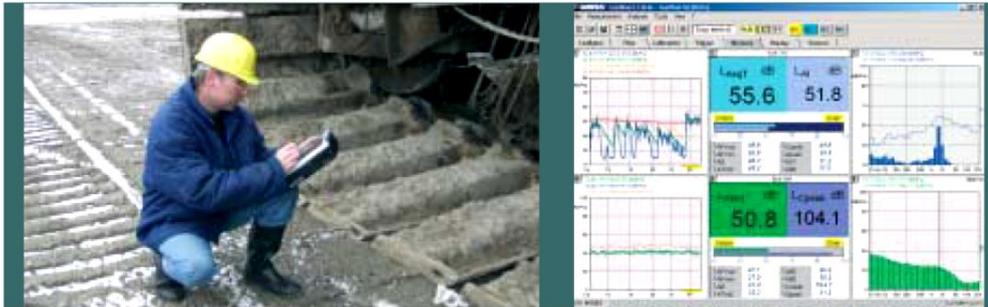
- Tipo I según IEC 61672, IEC 60651 e IEC 60804
- Analizador en tiempo real en 1/3 octavas (0.6 Hz - 20 kHz)
- Analizador FFT
- Visualización de sonogramas en 2D y 3D
- Grabación de audio
- Monitorización de ruido.
- Grabación de vídeo

Analizador de Frecuencias

- Visualización de señales temporales
- Análisis FFT
- Grabación de audio y de datos
- Análisis de órdenes
- Módulo de psicoacústica

Medida de Intensidad Sonora

- Medida de intensidad sonora según ISO 9614, partes 1 y 2 en tiempo real
- Medida de potencia sonora.
- Analizador en tiempo real en 1/3 octavas
- Grabación de audio
- Mapeado acústico en combinación con fotografías digitales



Ensayos de Pass-By

- Ruido de Pass-by según norma ISO 362
- 4 canales dinámicos y 7 estáticos
- Medida y evaluación de la presión sonora en micrófonos interiores y exteriores
- Adquisición de datos de distancia
- Adquisición de datos climáticos

Acústica de Edificios

- Aislamiento a ruido aéreo y ruido de impacto según normas ISO 717, ISO 140 y DIN 52210
- Medida de Tiempo de Reverberación mediante métodos de fuente interrumpida y ruido impulsivo
- Analizador en tiempo real
- Grabación de audio
- Generador de ruido
- Generación automática de informes según normas

Medida de Vibración en Cuerpo Humano

- Analizador de vibraciones según ISO 8041:2005
- Medida de vibración mano-brazo y cuerpo completo según normas ISO 2631 e ISO 5349
- Medidas de seguridad y confort
- Medida de ruido adicional
- Generación de informes, incluyendo audio e imagen (fotografía y vídeo)

12.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SET MICRÓFONO-PREAMPLIFICADOR CCP-26 CA ½"

Specifications



Frequency range (± 0.2 dB) with 18 pF microphone dummy	Hz	2.5 to 200 k
Slew rate	V/ μ s	20
Input impedance	G Ω // pF	20 // 0.4
Output impedance	Ω	< 50
Output Voltage Swing, min. @ 24-28 V CCP voltage supply	Vp	8
Noise (A-Weighted) max.	μ V	2.5
Noise (A-Weighted) typ.	μ V	1.8
Noise (Linear 20 Hz – 20 kHz) max.	μ V	6
Noise (Linear 20 Hz – 20 kHz) typ.	μ V	3.5
Gain	dB	-0.30
Power supply (Constant Current Power)	mA	2 to 20 (typical 4)
DC bias voltage, typ.	V	12
Temperature range, operation	$^{\circ}$ C / $^{\circ}$ F	-30 to 70 / -22 to 158
Temperature range, storage	$^{\circ}$ C / $^{\circ}$ F	-40 to 85 / -40 to 185
Humidity range non condensing	% RH	0 - 95
TEDS UDID (IEEE 1451.4)		I27-0-0-0U
Connector type		BNC
CE/RoHS compliant/WEEE registered		Yes / Yes, Yes
Weight	g / oz	26.0 / 0.92

Conditions: 23 $^{\circ}$ C Ambient temperature, 4 mA / 24 V open loop CCP voltage, 18 pF dummy microphone, 3 m output coax-cable.



Frequency range (± 1 dB)	Hz	5 to 10 k
Frequency range (± 2 dB)	Hz	3.15 to 20 k
Dynamic range lower limit (microphone thermal noise)	dB(A)	15
Dynamic range lower limit with GRAS preamplifier	dB(A)	17
Dynamic range upper limit	dB	148
Dynamic range upper limit with GRAS preamplifier @ +28 V / ± 14 V power supply	dB	142
Dynamic range upper limit with GRAS preamplifier @ +120 V / ± 60 V power supply	dB	148
Dynamic range upper limit with GRAS CCP preamplifier	dB	138
Open-circuit sensitivity @ 250 Hz (± 2 dB)	mV/Pa	50
Open-circuit sensitivity @ 250 Hz (± 2 dB)	dB re 1V/Pa	-26,0
Resonance frequency	kHz	14
Microphone cartridge capacitance, typ.	pF	14
Microphone venting		Rear
IEC 61094-4 Compliance		WS2F
Temperature range, operation	$^{\circ}\text{C}$ / $^{\circ}\text{F}$	-40 to 120 / -40 to 248
Temperature range, storage	$^{\circ}\text{C}$ / $^{\circ}\text{F}$	-40 to 85 / -40 to 185
Temperature coefficient @250 Hz	dB/ $^{\circ}\text{C}$ / dB/ $^{\circ}\text{F}$	-0.01 / -0.006
Static pressure coefficient @250 Hz	dB/kPa	-0,014
Humidity range non condensing	% RH	0 to 100
Humidity coefficient @250 Hz	dB/% RH	-0,001
Influence of axial vibration @1 m/s ²	dB re 20 μPa	62
CE/RoHS compliant/WEEE registered		Yes / Yes, Yes
Weight	g / oz	6.50 / 0.229

12.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CALIBRADOR RION NC-74

Modo de utilización

Inserte el micrófono cuidadosamente en el acoplador del NC-74. Luego simplemente encienda el calibrador para aplicar el nivel de presión constante en el diafragma del micrófono.

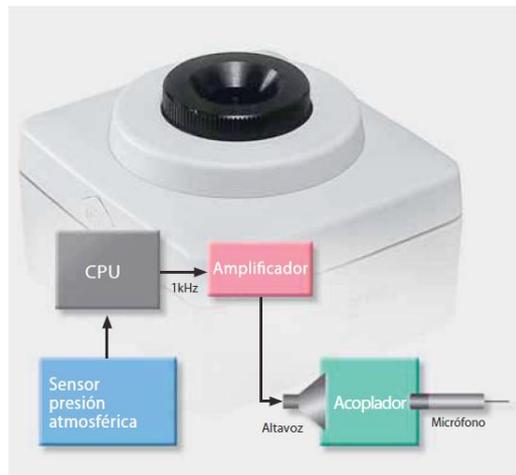


Ejemplo de uso (Serie NL)

La operatividad del NC-74 se extiende a la calibración de sonómetros de alta precisión. La unidad es compacta, ligera y fácil de usar. La alimentación se lleva a cabo con dos baterías LR6 con una autonomía de 30 horas de uso continuo.

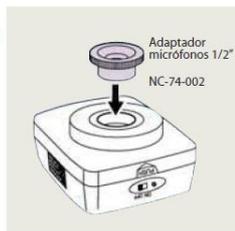
Principio de compensación de presión atmosférica

El NC-74 incorpora un sensor que detecta la presión atmosférica. Basado en esa información, la CPU controla la amplitud de la señal. Esto permite a la unidad proporcionar siempre una salida correcta para obtener un nivel de presión sonora constante, independientemente de las fluctuaciones de la presión atmosférica.



Uso del adaptador de 1/2 "

Para permitir la calibración de sonómetros con micrófono de 1", el adaptador de 1/2" puede ser desmontado.



Normativa

El calibrador RION NC-74 dispone de aprobación de modelo en España nº 16-I-128-02012

Especificaciones

Estándares aplicables	UNE-EN 60942 Clase 1 / UNE-EN 20942 JIS C1515 Class 1	
Micrófonos compatibles	1-pulgada	IEC 61094-1 Type LS1P UC-27 UC-25 UC-34
	1/2-pulgadas	IEC 61094-1 Type LS2aP UC-57 UC-53A UC-52 UC-26 UC-30 UC-31 UC-33P
Nivel de presión sonora nominal	94 dB	
Tolerancia	±0.3 dB	
Frecuencia nominal	1 kHz	
Tolerancia frecuencial	± 20 Hz	
Alimentación	2 baterías alcalinas IEC LR6 (size AA)	
Dimensiones y peso	Aprox. 49 (H) × 80 (W) × 74 (D) mm Aprox. 200 g (incluyendo baterías)	
Accesorios incluidos	Funda × 1 2 baterías alcalinas IEC LR6 (size AA) Adaptador para micrófonos de 1/2" NC-74-002 × 1	

12.5 CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS CÁMARA TERMOGRÁFICA FLIR P660.



APLITER
TERMOGRAFIA

www.aplitter.com

Barcelona
Sevilla
Girona

FLIR P660



Las cámaras térmicas de vanguardia FLIR Serie P se han creado para los expertos.

Una cámara FLIR Serie P es un instrumento perfecto para usuarios que conocen las ventajas del infrarrojo y que dependen de una cámara termográfica para su trabajo. Si usted es un asesor en materia de infrarrojo o un profesional del mantenimiento preventivo en la industria de servicios o manufacturera, las cámaras térmicas FLIR Serie P le ayudan a localizar anomalías invisibles a simple vista.



Resolución de 640x480 píxeles

La serie P tiene un detector de píxeles de alta resolución, de 640 x 480 píxeles, que ofrece mayor precisión y muestra más detalles a mayor distancia.



Alta sensibilidad

Una sensibilidad térmica < 30 mK permite captar los detalles más sutiles de la imagen y las diferencias de temperatura más pequeñas.



Cámara visual de alta calidad

Una cámara visual integrada de 3,2 megapíxeles genera imágenes visuales nítidas en todas las condiciones.



Optimizador de contraste

La optimización automática de los ajustes de brillo y contraste facilita los análisis térmicos de objetos detallados.



Función panorámica

Obtiene una secuencia de imágenes y las combina automáticamente en una imagen más grande con el software FLIR Reporter.



GPS incorporado (P660)

El GPS permite localizar geográficamente las imágenes térmicas mediante su referencia geográfica.



Puntero láser

Ayuda a asociar el punto caliente o frío de la imagen IR con el objetivo físico real situado en el área inspeccionada.



Interfaces flexibles

Acceso fácil a las conexiones de video compuesto, USB y FireWire (P640 y P660) y a una conexión directa para cargar la batería dentro de la cámara.



Video MPEG-4 (P640/660)

Crea archivos de video visuales e infrarrojos no radiométricos en formato MPEG-4.



Fusión térmica FLIR

Fusiona las imágenes visuales e infrarrojas para mejorar el análisis.



Función imagen en imagen

Superpone una imagen infrarroja a la imagen visual. Móvil y redimensionable.



JPEG radiométrico

FLIR emplea un formato de imagen JPEG radiométrico no patentado que permite el procesamiento posterior y la escritura de informes con un software de FLIR asistido por Microsoft Word®.



Comentarios de texto y voz

Pueden cargarse comentarios de texto en la cámara mediante una interfaz IrDa inalámbrica. A su vez, es posible conectar unos auriculares para grabar comentarios de voz.



Enfoque automático y manual, zoom digital

Las posibilidades de enfoque son: enfoque automático de un solo toque, enfoque automático continuo, siguiendo la iluminación del láser (P660) o enfoque manual.



Visor abatible

El visor de alta resolución es abatible, de manera que puede adaptarse a cada usuario. Es ideal para las inspecciones al aire libre o para cuando no se está utilizando la pantalla LCD.



Gran pantalla LCD

Una pantalla LCD extraordinariamente amplia, de 5,6", plegable y de alta calidad permite ver los detalles más sutiles de la imagen y las diferencias de temperatura más pequeñas.



Asa multiangular con botones de acceso directo integrados

Un asa de control giratoria permite emplear la cámara en la posición que resulte más cómoda. Los botones y la unidad joystick de control de la cámara están integrados al asa y se encuentran siempre al alcance de los dedos.



Botones de acceso directo programables

Para aumentar la flexibilidad, el usuario puede programar los botones situados en la parte superior de la cámara para poder acceder directamente a sus funciones preferidas.

12.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PINZA AMPERIMÉTRICA.

**PINZAS
AMPERIMÉTRICAS**



COD. HT: 13001 | 13002

G51 | G52

PINZA AMPERIMÉTRICA CA 400A (G51)
PINZA AMPERIMÉTRICA CA/CC 400A (G52)

La pinza amperimétrica G52 está diseñada para la medida de **Corriente CA/CC hasta 400A**, y G51 en **corriente CA hasta 400A y Tensión CA/CC hasta 600V** para el alcance de la **CAT III 600V** según la norma **IEC/EN61010-1**. Las pinzas están dotadas de un sensor interno para la detección de tensión CA también sin contacto mediante encendido de un LED rojo. Los modelos realizan además, entre otras funciones, medidas de **Resistencia, Prueba continuidad, Frecuencia, Capacidades, prueba de diodos, Ciclo de trabajo y Temperatura con sonda tipo K**. Las pinzas disponen de la función de autoapagado para preservar la propia pila interna.

Funciones

- Corriente CA hasta 400A (G51)
- Corriente CA/CC hasta 400A (G52)
- Tensión CC/CA hasta 600V
- Buscapolos para detección tensión CA
- Resistencia y prueba continuidad con indicador acústico
- Frecuencia con puntas, Capacidades, Prueba de diodos
- Ciclo de trabajo (%) y Temperatura con sonda tipo K
- Autorango, Retención de lectura, MAX/MIN, Medida relativa

Características principales

Visualizador:	LCD, 4 dígitos, 4000 puntos
Tipo de conversión:	RMS
Alimentación:	2x1.5V pilas alcalinas tipo AAA LR03
Autoapagado:	después de 30 minutos sin utilizar
Máx. diámetro pinza:	30mm
Seguridad:	IEC/EN61010-1
Categoría de medida:	CAT III 600V
Aislamiento:	doble aislamiento
Nivel de polución:	2
Dimensiones (LxAnxH):	200x66x37mm
Peso (pilas incluidas):	205g

Accesorios en dotación

KT4000A	Juego de puntas con punta 2mm
T10	Adaptador para sonda tipo K
TK101	Sonda de hilo tipo K
	Pila, Manual de Instrucciones y Estuche de transporte

Especificaciones técnicas

Tensión CC (Autorango)

- Rango de medida: 400mV ÷ 600V
- Resolución: 0.1mV ÷ 1V
- Precisión base: ±(1.5%lectura + 2dígitos)
- Protección contra sobrecargas: 600VCC/CARms

Tensión CA (Autorango)

- Rango de medida: 4V ÷ 600V
- Banda de frecuencia: 50Hz ÷ 400Hz
- Resolución: 0.001V ÷ 1V
- Precisión base: ±(1.5%lectura + 5dígitos)
- Protección contra sobrecargas: 600VCC/CARms

Corriente CA (CC sólo G52)

- Rango de medida: 40A ÷ 400A
- Resolución: 0.01A ÷ 0.1A
- Rango frecuencia: 50Hz ÷ 60Hz
- Precisión base: ±(2.5%lectura + 5dígitos)
- Protección contra sobrecargas: 400ARms

Resistencia y prueba continuidad

- Rango de medida: 400Ω ÷ 40MΩ
- Resolución: 0.1Ω ÷ 0.01MΩ
- Precisión base: ±(1.5%lectura + 2dígitos)
- Protección contra sobrecargas: 600VCC/CARms
- Indicador acústico continuidad: <300

Capacidades

- Rango de medida: 40nF ÷ 100µF
- Resolución: 0.01nF ÷ 0.1µF
- Precisión base: ±(3.0%lectura + 5dígitos)
- Protección contra sobrecargas: 600VCC/CARms

Frecuencia y Ciclo de trabajo

- Rango de medida: 50Hz ÷ 10kHz
- Resolución: 0.01Hz ÷ 0.01kHz
- Precisión base: ±(1.5%lectura + 2dígitos)
- Protección contra sobrecargas: 600VCC/CARms
- Ciclo de trabajo: Rango medida 0.5% ÷ 99%

Temperatura con sonda tipo K

- Rango de medida: -20°C ÷ 760°C
- Resolución: 0.1°C ÷ 1°C
- Precisión base: ±(3%lectura + 5°C)