

El sistema AEVA-HE es un sensor de escaneo tridimensional de alta resolución para la evaluación topográfica de la piel, basado en la tecnología de proyección de franjas combinada con la estereometría activa. En conjunto con los bancos de posicionamiento VisioTOP-500 o VisioHOP y, gracias a sus múltiples campos de visión, el sistema proporciona imágenes y reconstrucciones tridimensionales, reproducibles en las mismas condiciones, antes y después de un determinado tratamiento, tanto para evaluación facial como corporal. AEVA-HE tiene una capacidad de resolución en píxeles, lo cual lo convierte en un sistema muy sensible, pudiendo detectar variaciones inapreciables al ojo humano. Asimismo, es un sistema automático, de manera que se evita la necesidad de otras tecnologías de tener que seleccionar manualmente la región de interés para el análisis, reduciendo la variabilidad entre medidas y proporcionando unos resultados más fiables y reproducibles.

Por *David González Fernández, Alejandro Pérez Fernández, Lucía Fernández Gómez y Daniel Molina Martínez*, CEO, DIRECTOR DE LABORATORIO, RESPONSABLE DE ESTUDIOS CLÍNICOS Y GESTOR DE PROYECTOS, RESPECTIVAMENTE, DE DERMACLAIM

TECNOLOGÍA DE PROYECCIÓN DE FRANJAS Y ESTEROMETRÍA ACTIVA

La fotogrametría es el arte, la ciencia y la tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de la grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos.

Básicamente, es una técnica de medición de coordenadas 3D, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno, como medio fundamental para la medición [ASPRS, 2015]. Hay muchas variantes de fotogrametría.

Específicamente, la estereofotogrametría es la técnica

más sofisticada de la fotogrametría, consistiendo en estimar las coordenadas tridimensionales de los puntos de un objeto empleando mediciones realizadas en dos o más imágenes fotográficas tomadas desde diferentes posiciones. Los puntos comunes se identifican en cada imagen, de manera que se puede construir una línea de visión (o rayo) desde la ubicación de la cámara hasta el punto del objeto. Es la intersección de estos rayos (triangulación) lo que determina la ubicación tridimensional del punto. En los últimos años, la estereofotogrametría está emergiendo como una técnica robusta de medición sin contacto para determinar las características

dinámicas y las formas modales de estructuras no giratorias [Sužiedelytė-Visockienė, 2013] y giratorias [Lundstrom et al., 2012].

Por otro lado, la técnica de proyección de franjas consiste en proyectar un patrón de líneas de contraste (código gris) para la triangulación óptica y proyección de franjas desplazadas para el desarrollo de fase. La cámara detecta el contraste y la deformación del patrón, así como la deformación de las franjas. El algoritmo calcula puntos absolutos en la línea de contraste y profundidad relativa a partir de la diferencia de fase entre puntos (cambio de fase). Ambos se combinan para producir un mapa de profundidad tridimensional de alta resolución [Yin et al., 2021].

El sistema AEVA-HE dispone de 3 cámaras y 1 proyector, combinando la proyección de franjas con la estereofotogrametría, dando lugar a lo que se conoce como estereometría activa. Esto permite la posibilidad de tener distintos campos de visión con una resolución de píxeles en los planos X,Y, y una alta precisión en el plano Z, siendo menos sensible al movimiento.

Antiguamente, la principal limitación de la técnica de proyección de franjas era que la resolución de la cámara estaba limitada al espaciado de las franjas, por lo que aumentar las franjas provocaría menos contraste y más sensibilidad al movimiento. Actualmente, esta limitación se solventa con la estereometría, que ya no depende de las franjas proyectadas, limitándose a la resolución del espaciado de píxeles. Por lo tanto, es posible aumentar la resolución de la cámara para tener un campo de visión más grande y obtener una resolución más alta en el mapa de datos 3D [Omidí et al., 2021].

La sensibilidad de la técnica de proyección de franjas únicamente viene dada por el intervalo de franjas proyectado sobre el objeto (alrededor de 1 mm), mientras que la estereometría combinada con la proyección de franjas se limita al intervalo de píxeles (alrededor de 0,5 mm). Ambas técnicas están limitadas por el ruido de la cámara, que es el único límite real de la estereometría en la actualidad. La estereometría activa también es menos sensible al movimiento porque ambas cámaras "ven" el mismo movimiento al mismo tiempo [Wan et al., 2020]. Ambas cámaras también pueden procesar la calibración automática porque un patrón conocido puede

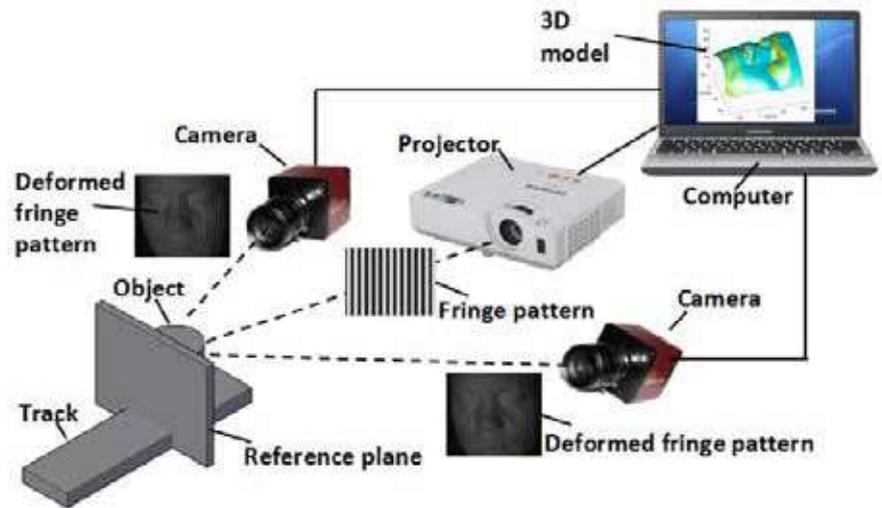


Figura 1. Estereometría con proyección de franjas. Representación esquemática de la tecnología de estereometría combinada con la técnica proyección de franjas, para modelado tridimensional de objetos y superficies.



Figura 2. Banco VisioTOP-500. Imagen del banco VisioTOP-500, sobre el que se monta el sensor óptico del AEVA-HE. El voluntario se posiciona en la silla con la espalda pegada al respaldo, ajusta su cara con el espejo y el láser infrarrojo, quedando éste en el medio de los labios. Por último, la posición de su cabeza se ajusta con los tapones para los oídos y el reposacabezas, que el técnico bloquea y desbloquea manualmente cuando el voluntario está en una posición de comodidad.

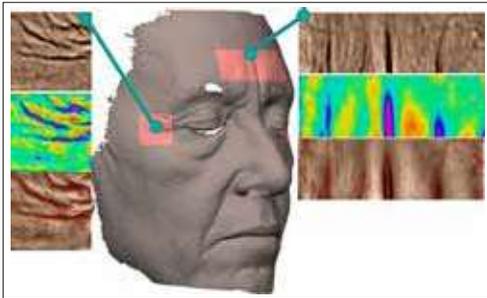


Figura 3. Evaluación de arrugas frontales y patas de gallo. Compilación de reconstrucción tridimensional por proyección de franjas con el sistema AEVA-HE, mostrando las arrugas frontales y patas de gallo detectadas tras el procesado y modelado de las imágenes obtenidas.

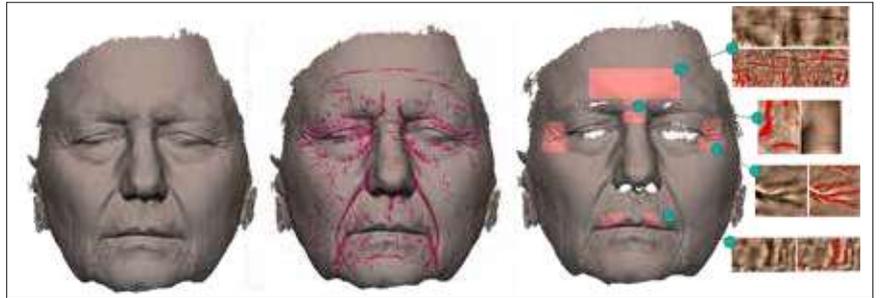


Figura 4. Análisis de arrugas global. Reconstrucción tridimensional por proyección de franjas con el sistema AEVA-HE. Izquierda: datos brutos, sin análisis ni detección. Centro: detección global de arrugas en toda la superficie facial. Derecha: detección y análisis específico de arrugas en distintas zonas de la superficie facial (frente, entrecejo, patas de gallo y código de barras).

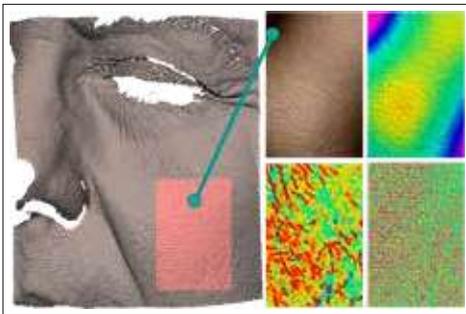


Figura 5. Evaluación de rugosidad facial. Reconstrucción tridimensional por proyección de franjas con el sistema AEVA-HE y evaluación de rugosidad en la zona de interés (recuadro en rojo). Los distintos colores que se distinguen en el análisis vienen dados por la distancia entre el pico y el valle de cada perfil de la superficie.



Figura 6. Evaluación de acné por análisis topográfico en plano Z. Reconstrucción tridimensional por proyección de franjas con el sistema AEVA-HE (izquierda, en color; derecha, blanco y negro) y evaluación de protuberancias (centro) en la zona de interés (recuadro en rojo).

definir qué píxeles de la cámara izquierda corresponden a qué píxeles de la cámara derecha y corregir cualquier cambio entre ambas cámaras.

POSICIONAMIENTO EN VISIOTOP-500 O VISIOHOP

La cámara del AEVA-HE se utiliza en conjunto con los bancos de posicionamiento VisioTOP-500 (evaluación facial) y VisioHOP (evaluación corporal), para asegurar un posicionamiento y reposicionamiento estable y en las mismas condiciones a los diferentes tiempos de medida.

Concretamente, el banco VisioTOP-500 (Figura 2) cuenta con una mesa motorizada que permite el ajuste de la altura, quedando registrado en la visita inicial y ajustándose de forma automática a la misma altura en las visitas posteriores, para cada uno de los voluntarios individualmente. Del mismo modo, el banco dispone de un espejo y de un láser infrarrojo en la parte frontal, para asegurar el perfecto ajuste de la cara del voluntario, así como unos tapones para los oídos y un reposacabezas con bloqueo manual, para el ajuste de la posición de la cabeza.

El uso del VisioTOP-500 para evaluación facial, así como del VisioHOP para evaluación corporal, posibilitan al sistema la obtención de resultados más fiables, reproducibles y robustos, que con otras tecnologías del mercado, gracias al estable y reproducible posicionamiento y reposicionamiento a distintos tiempos de medida.

SOFTWARE DE ANÁLISIS AUTOMÁTICO

El sistema AEVA-HE lleva a cabo la alineación de datos y la generación de reconstrucciones tridimensionales con el uso de los algoritmos ICP (*Iterative Coincident Point*, punto coincidente iterativo). Desarrollada por una cooperación de universidades francesas y canadienses, esta técnica es ampliamente utilizada hoy en día a nivel industria, proporcionando una técnica única y eficiente para alinear datos 3D desde diferentes vistas [Yuan et al., 2016]. El software de AEVA-HE utiliza una versión muy potente de este algoritmo ICP, de manera que puede alinear de forma muy rápida y precisa los datos 3D que tienen incluso pequeñas áreas superpuestas. Esto proporciona la garantía de que la misma zona será extraída y

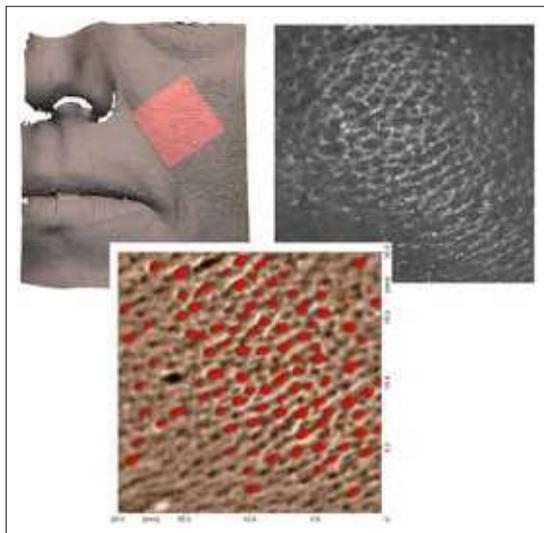


Figura 7. Evaluación de poros por análisis topográfico en plano Z. Reconstrucción tridimensional por proyección de franjas con el sistema AEVA-HE y análisis de poros. Izquierda, selección de la región de interés (recuadro en rojo). Derecha, zona de interés en blanco y negro mostrando los poros. Centro, zona de interés y análisis de poros indicados en rojo.

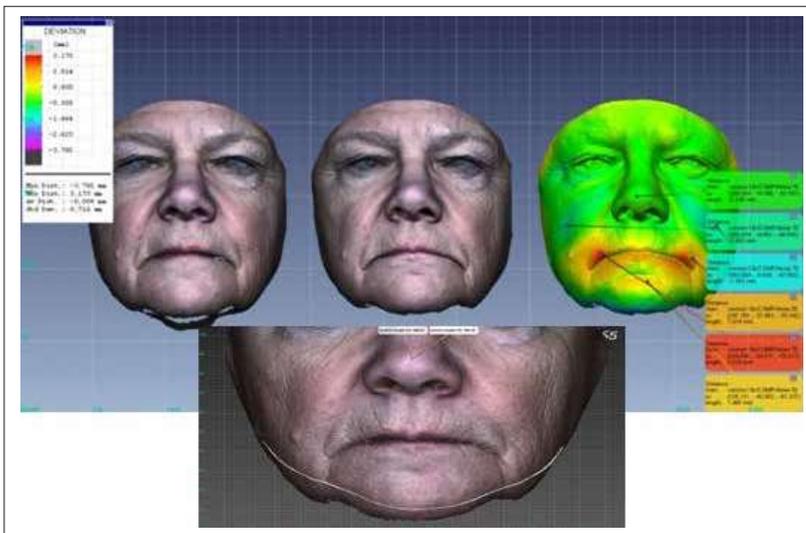


Figura 8. Evaluación de volúmenes y dimensiones en zona V-shape. Reconstrucción tridimensional por proyección de franjas con el sistema AEVA-HE y análisis de V-shape. Arriba se muestran los modelados obtenidos antes y después del tratamiento, así como la superposición de éstos. Los distintos colores que se distinguen en el análisis vienen dados por la variación de volumen en la superposición de las reconstrucciones obtenidas antes y después de un determinado tratamiento. Abajo, se muestra la cuantificación de ángulo y distancias relativos al V-shape.

analizada en los diferentes tiempos de análisis.

Asimismo, la posibilidad de obtener el análisis de la zona de interés (ROI, *Region of Interest*) de forma totalmente automática en cada uno de los tiempos de medida, disminuye enormemente la variabilidad del análisis, que en otras tecnologías del mercado es totalmente dependiente de la selección manual del área de interés. De esta manera, el sistema AEVA-HE aumenta en gran medida la fiabilidad y reproducibilidad de los datos obtenidos, sin introducir la variabilidad y potencial desconfianza correspondiente a la selección manual de la zona de análisis, en cada uno de los distintos tiempos de medida.

El *software* de AEVA-HE proporciona resultados numéricos en formato .csv, así como figuras, imágenes y reconstrucciones tridimensionales, de cada uno de

los parámetros evaluados para cada voluntario en cada uno de los tiempos de medida.

Por último, el *software* lleva instalado un sistema de autocalibración, que nos permite asegurar de forma periódica el correcto funcionamiento del equipo, mediante la medición de una pieza diseñada específicamente para este procedimiento, con medidas previamente conocidas.

APLICACIONES PARA EVALUACIÓN FACIAL

La tecnología AEVA-HE, en combinación con el banco VisioTOP-500, nos permite evaluar una gran variedad de marcadores faciales, entre los que se encuentran las arrugas y las líneas de expresión, la rugosidad y suavidad de la piel, la detección de objetos como poros y acné, el volumen y dimensiones de la cara, así como de los labios, las bolsas de ojos, etc.

Específicamente, para arrugas y líneas de expresión, el sistema proporciona valores numéricos para el área (mm²), volumen (mm³), profundidad (mm) y número de arrugas o líneas de expresión detectadas (N). Este análisis puede llevarse a cabo en cualquier zona de la cara (frontales, patas de gallo, glabellares, periorbitales, nasolabial, periorales, arrugas del cuello o escote, etc.), o en múltiples zonas al mismo tiempo, como se observa en las Figuras 3-4.

Del mismo modo, el sistema permite la cuantificación de biomarcadores relacionados con la rugosidad y suavidad de la piel. La rugosidad consiste en la presencia de irregularidades en la superficie. Estas irregularidades se combinan para formar una textura sobre una superficie, formada por diferentes picos y valles formando un mapa topográfico del que se pueden obtener diferentes

parámetros (S_a , S_q , S_{tm} , S_t , S_r), resultantes del cálculo estadístico de todas las alturas de los puntos de la topografía. Los parámetros más relevantes para evaluar la rugosidad antes y después de un determinado tratamiento son S_{tm} (mm) y S_a (mm), obtenidos a partir del cálculo de la distancia entre el pico y el valle de cada perfil de la superficie (Figura 5). La reducción de estos parámetros indica un efecto suavizante (reducción de la aspereza y rugosidad de la piel).

Por otro lado, el sistema AEVA-HE permite la detección de objetos en base a un plano (umbral, *threshold*) previamente establecido. Los objetos detectados por encima o por debajo de este plano se detectan y cuantifican, de acuerdo con los siguientes parámetros: número (N), volumen (mm³), circunferencia (mm) y área (mm²).

Para el análisis topográfico, se aplica un plano Z, paralelo al plano medio de la topografía (el plano medio es el nivel cero de las alturas de los distintos puntos topográficos). Todos los puntos que quedan por debajo del plano son objetos de valle (pliegues, arrugas, líneas finas, poros, etc.), mientras que los puntos que quedan por encima del plano son objetos de protuberancia (granos, cicatrices, etc.).

Estos análisis pueden llevarse a cabo en cualquier parte de la superficie facial, siendo la mejilla la zona más habitual para la evaluación de poros y acné.

Por último, el sistema AEVA-HE permite la evaluación de volúmenes y dimensiones específicas, posibilitando la cuantificación de marcadores como las bolsas de ojos, el óvalo facial, los labios y el arco

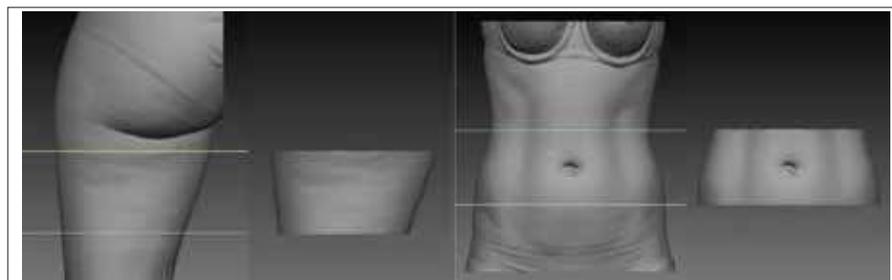


Figura 9. Evaluación de volúmenes y dimensiones en zona de muslos y abdomen. Reconstrucción tridimensional por proyección de franjas con el sistema AEVA-HE y análisis de volumen (mm³) y circunferencia/perímetro (mm) en la zona de interés, delimitada por las rayas horizontales.

de cupido. Este análisis permite la obtención de parámetros como el volumen (mm³), el área afectada (mm²), la profundidad afectada (mm), la circularidad y ángulo de los labios, la distancia entre los distintos puntos de la V-shape, etc; como se muestra en la Figura 8.

APLICACIONES PARA EVALUACIÓN CORPORAL

Del mismo modo que se lleva a cabo para la evaluación de marcadores en la superficie facial, el sistema AEVA-HE, en combinación con el banco VisioHOP o el Trípode Manfrotto 475B, permite la evaluación de cualquier zona corporal, destacando los análisis en las áreas de muslos, abdomen y pecho.

Este análisis permite la obtención de marcadores como el volumen (mm³) y el perímetro o circunferencia (mm) de la región de interés, lo cual posibilita la obtención de resultados relacionados con la capacidad anticelulitis y adelgazante o moldeadora (Figura 9). Adicionalmente, y en base a los mismos análisis utilizados a nivel facial, el sistema permite la cuantificación de marcadores como las estrías corporales o cicatrices, gracias a la flexibilidad que permite el uso del banco VisioHOP o el Trípode Manfrotto 475B.

CONCLUSIÓN

El uso de la tecnología de proyección de franjas combinada con estereometría activa marca un antes y un después en la evaluación topográfica de la superficie cutánea. El sistema AEVA-HE une el uso de esta tecnología con los bancos de posicionamiento VisioTOP-500 y/o VisioHOP, lo cual le otorga ventajas muy relevantes frente a otros equipos del mercado basados en tecnología 2D o frente a equipos basados en proyección de franjas con menor capacidad y ausentes de bancos de posicionamiento. El sistema AEVA-HE tiene una capacidad de resolución en píxeles, lo cual lo convierte en un sistema muy sensible, pudiendo detectar variaciones inapreciables al ojo humano. Asimismo, es un sistema automático, de manera que se evita la necesidad de tener que seleccionar manualmente la región de interés para el análisis, reduciendo la variabilidad entre medidas y proporcionando unos resultados más fiables y reproducibles. Además, el sistema cuenta con diferentes campos de visión, convirtiéndolo en un sistema muy flexible que nos permite analizar desde finas líneas de expresión hasta marcadores de remodelación corporal 