

**V CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA  
XI CONGRESO NACIONAL DE PROFESORES DE EXPRESIÓN GRÁFICA  
EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y ÁREAS AFINES  
EGraFIA 2014  
Rosario, ARGENTINA  
1, 2 y 3 de octubre de 2014**

**DATOS DEL AUTOR DEL TRABAJO**

Morelli, Rubén Darío  
Universidad Nacional de Rosario  
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
Av. Pellegrini 250 – Rosario – Te 0341-156-06-0020 – E-Mail: rdm@fceia.unr.edu.ar  
Rosario – Argentina

**TÍTULO DEL TRABAJO**

**REPRESENTACIÓN DE SUPERFICIES REGLADAS ALABEADAS CON SKETCHUP**

Disciplina: Ingeniería

Eje de interés: Investigación: Gráfica Analógica y Gráfica Digital – Nuevas Herramientas.

**ABSTRACT**

I'm doing research within a project about the use of free software and freeware in graphic representation teaching since 2012. The focus is on finding alternatives to traditional CAD software with expensive licenses. This article addresses the topic of warped ruled surfaces. Within the general classification of Curved Surfaces, "Ruled Surfaces" are those generated by the movement of a straight line.

The article presents some examples of representing this type of surfaces using the freeware version of SketchUp plus some free or even open source extensions, thus trying to show the simplicity and versatility of this software for generating and representing these complex surfaces.

**RESUMEN**

Desde el año 2012 desarrollo un Proyecto de Investigación sobre uso de software libre y gratuito en la enseñanza de la representación gráfica. La idea movilizadora es la búsqueda de programas alternativos a los clásicos programas CAD con licencias de pago, ya que la industria del software libre y freeware ha mostrado avances muy importantes en los últimos años. Estas alternativas gratuitas y de calidad para su aplicación en la representación gráfica abren una perspectiva que es muy valorable no sólo en el ámbito de la enseñanza en el marco de nuestra universidad pública, sino también en el ámbito de la actividad del diseño en general.

Los sistemas CAD permiten el modelado de sólidos y superficies complejas con sus particularidades según sea el programa. En el presente trabajo se abordará el tema de la representación de "superficies regladas alabeadas". Dentro de la clasificación general de Superficies Curvas, las "Superficies Regladas" son aquellas superficies que se generan por el movimiento de una recta. Las superficies "alabeadas" o "no desarrollables" son un subgrupo dentro las superficies regladas. Ejemplos de superficies alabeadas son las hiperbólicas de revolución, las parahiperbólicas, los conoides y cilindroides, y las helicoidales rectas. Se desarrollarán ejemplos de representación de algunas de estas superficies con el programa SketchUp gratuito, con el apoyo de extensiones también gratuitas, y que inclusive pueden ser de código abierto, que aumentan la funcionalidad del programa, tratando de demostrar la sencillez y versatilidad de esta aplicación en la generación y representación gráfica de estas superficies complejas.

## 1.- INTRODUCCIÓN

¿Por qué investigar en software libre y gratuito para la enseñanza-aprendizaje de la Representación Gráfica? Porque la industria del software libre y freeware ha mostrado avances importantes en los últimos años. Porque existen alternativas de software gratuito y de calidad para su aplicación en la representación gráfica que abren una perspectiva muy valorable no sólo en el ámbito de la enseñanza en el marco de nuestra universidad pública, sino también en el ámbito de la actividad profesional del diseño en general. Una de estas alternativas es SketchUp, un programa propietario muy conocido que ofrece una versión gratuita y que será utilizado para representar los ejemplos en este trabajo.

Tal como se fundamenta en [1] “consideramos como principio rector que como universidad pública debemos sostener el libre acceso a la información y al conocimiento, y evitar caer en una dependencia tecnológica a la hora de utilizar software dedicado a la enseñanza”.

Trabajar con software CAD alternativo a los clásicos fomenta la curiosidad, el autoaprendizaje y el aprendizaje colaborativo entre los estudiantes. Conocer distintas alternativas de software CAD para resolver un mismo problema de representación, es también una forma de enseñar a pensar.

Consecuentemente con lo planteado en otros foros [2], “hoy consideramos que trabajar y estudiar dentro del marco del software legal es importante y factible, y como docentes universitarios es nuestro deber orientar a los alumnos en el sentido ético de la libertad y la legalidad”.

Los sistemas CAD permiten el modelado de sólidos y superficies complejas con sus particularidades según sea el programa. Dentro de la clasificación general de Superficies Curvas planteada por [3], indicada en Figura 1, en el presente trabajo se abordarán ejemplos de representación 3D de algunas de las “superficies regladas alabeadas”.

Clasificación de las Superficies Curvas	<b>Regladas</b> (generadas por el movimiento de una recta)	Desarrollables o de simple curvatura	Cilíndricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De revolución</li> <li>• Oblicuas de 2º grado</li> <li>• Oblicuas en general</li> </ul>
			Cónicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De revolución</li> <li>• Oblicuas de 2º grado</li> <li>• Oblicuas en general</li> </ul>
			Convolutas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En general</li> <li>• Convoluta helicoidal o helicoides desarrollable</li> </ul>
	<b>No regladas</b>	No desarrollables o alabeadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hiperbólicas de revolución</li> <li>• Parahiperbólicas</li> <li>• Helicoidales rectas, cerradas y abiertas</li> <li>• Conoides</li> <li>• Cilindroides</li> </ul>	
			De doble curvatura	De revolución
		En general		Paraboloide elíptico
• Serpentinales • Canales • De traslación				

Figura 1. Clasificación de las Superficies Curvas

Las “Superficies Regladas” son aquellas superficies que se generan por el movimiento de una

recta. Las superficies “alabeadas” o “no desarrollables” son un subgrupo dentro las superficies regladas. Ejemplos de superficies alabeadas son las hiperbólicas de revolución, las parahiperbólicas, los conoides y cilindroides, y las helicoidales rectas. Se desarrollarán ejemplos de representación de algunas de estas superficies utilizando, como se dijo, el programa SketchUp Make 2014, versión gratuita para uso no comercial.

SketchUp permite la utilización de extensiones (rutinas programadas en lenguaje Ruby) que en su mayoría son también gratuitas, e inclusive pueden ser de código abierto.

Las extensiones aumentan la funcionalidad del programa, y cada usuario puede elegir cuáles son convenientes instalar según su necesidad. Existe un almacén de extensiones en la Web desde donde se pueden descargar una innumerable cantidad de estas aplicaciones. Ver <http://extensions.sketchup.com/es>

Lo destacable de esto es que las extensiones son desarrolladas por usuarios que saben programar en Ruby y las ponen a disposición libremente para toda la comunidad de usuarios de este programa. Lo mismo sucede con los “componentes” que son elementos CAD 3D con características de bloques, solo que en este caso cualquier usuario puede subir y compartir sus componentes creados vía internet (por ejemplo aberturas, figuras, artefactos, máquinas, etc.).

## 2.- METODOLOGÍA

SketchUp es un programa CAD que tiene la particularidad de generar las curvas en forma discreta. Por ejemplo, la circunferencia es representada como un polígono regular de un número  $n$  de lados, siendo 24 lados el mínimo por defecto. Cuando se modela una superficie curva, la misma se representará en forma discreta con unidades triangulares. Por esta particularidad, este trabajo, que es continuidad de una investigación que se describe en [2], se centró en superficies complejas alabeadas y regladas, seleccionándose tres ejemplos: el paraboloide hiperbólico, el hiperboloide reglado de revolución y el conoide. A partir de describir el proceso del modelado de estas tres superficies desde la definición teórica, se busca profundizar el conocimiento de SketchUp y testarlo, mostrar su potencialidad didáctica, y a la vez ilustrar la sencillez y versatilidad de este software en el modelado de superficies complejas.

## 3.- DESARROLLO

### 3.1.1.- Paraboloide Hiperbólico.

Es una superficie generada por una recta generatriz que se desplaza paralelamente a un plano director mientras se apoya sobre dos rectas alabeadas que son las directrices. En la Figura 2 se muestra el inicio del proceso de generación de un paraboloide hiperbólico de planta cuadrada AoBoCoDo, con dos puntos altos de igual cota, A1 y C1, y dos puntos bajos que son los vértices del cuadrado BoDo. Esto da por resultado que las directrices alabeadas  $b$  y  $d$  son iguales en longitud y pendiente, e iguales a las rectas  $a$  y  $c$ , habiendo una doble simetría, con dos planos directores, uno paralelo a la figura A1AoBo y otro paralelo a la figura BoCoC1.

Estas características permiten concluir que esta superficie es doblemente reglada, con generatrices paralelas al plano director de la recta "a" y con generatrices paralelas al plano director de la recta "b". Por eso, se aprovechará la doble simetría para ganar en productividad a la hora de modelar con el software, generando 1/4 de superficie, como se indica en el tercer paso de la Figura 2.

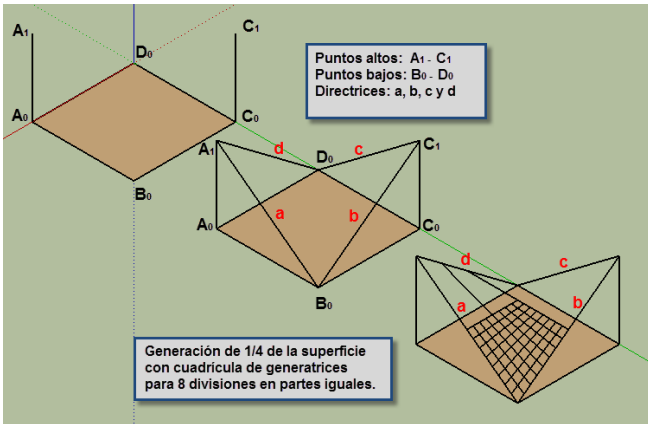


Figura 2. Generación de paraboloid hiperbólico

En la Figura 3 se aprecia como SketchUp discretiza la superficie a partir de triangular con líneas la malla de alambre creada con las generatrices. Para lograr el aspecto de la tercera imagen se utiliza la orden de menú contextual "Orientar caras" que da la misma tonalidad a toda la superficie a partir del tono de la unidad triangular elegida.

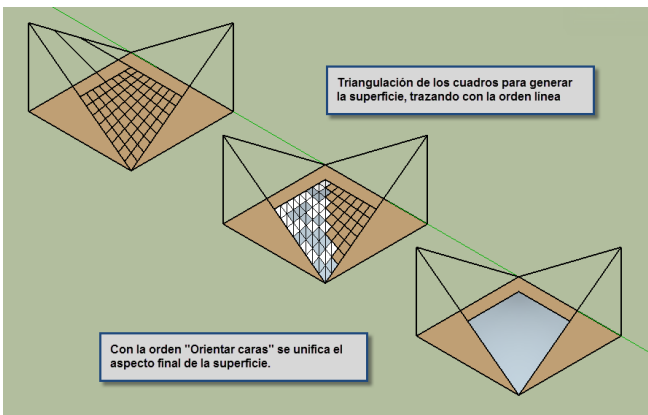


Figura 3. Generación para 1/4 de superficie.

En la Figura 4 se muestra cómo se completa la mitad de la superficie copiando el 1/4 de superficie generada ( $\alpha$ ) y girándola 180° alrededor del eje z.

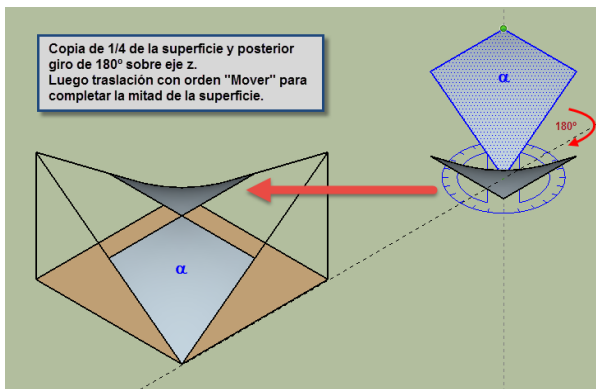


Figura 4. Copia y giro 180° para lograr 1/2 superficie

En la Figura 5 se aprecia cómo se completa el total de la superficie, copiando los dos mantos que son la mitad de la superficie lograda, se gira dicha copia 90° alrededor de z y luego se la invierte en la dirección del mismo eje con la orden "Dar la vuelta".

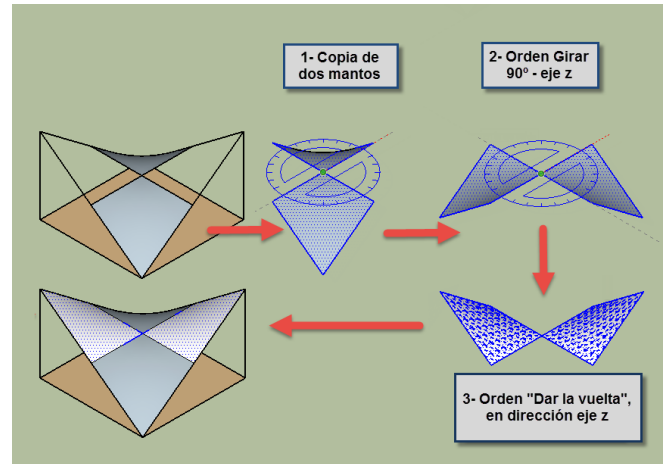


Figura 5. Copia de 2 mantos, giro a 90° y Dar vuelta.

En la Figura 6 se unifica la tonalidad mediante la orden del menú contextual "Orientar caras".

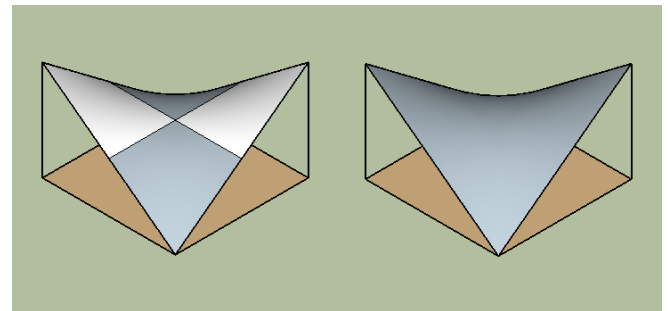


Figura 6. Superficie unificada. Orden "Orientar caras"

En la Figura 7 se presenta a la izquierda la superficie terminada, vista desde otra perspectiva axonométrica elegida con la orden "Orbitar". A la derecha un ejemplo de posibilidades de transformación con la orden "Escala", en este caso con una duplicación de su altura estirando en el eje z. En ambos casos con aplicación de sombras para una mejor percepción de la espacialidad.

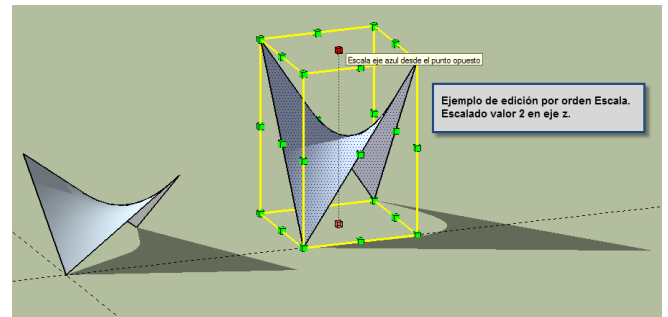


Figura 7. Posibilidades de edición. Orden "Escala".

### 3.1.2.- Paraboloid Hiperbólico con uso de extensión.

Con los mismos datos geométricos del ejemplo anterior, se muestra el modelado hecho en forma automática con la extensión Soap Bubble Skin. Esta extensión es de libre disponibilidad en el Almacén de extensiones. Permite modelar

rápidamente la superficie a partir de la poligonal alabeada de contorno. En la Figura 8 se muestra la selección de las aristas que forman la poligonal alabeada, con dos puntos altos de igual cota y dos puntos bajos de cota cero. Luego se indica el número de divisiones iguales a aplicar para generar la malla que será doblemente reglada. El número de divisiones se puede configurar entre valores 1 y 30. Se optó por dividir en 18 partes.

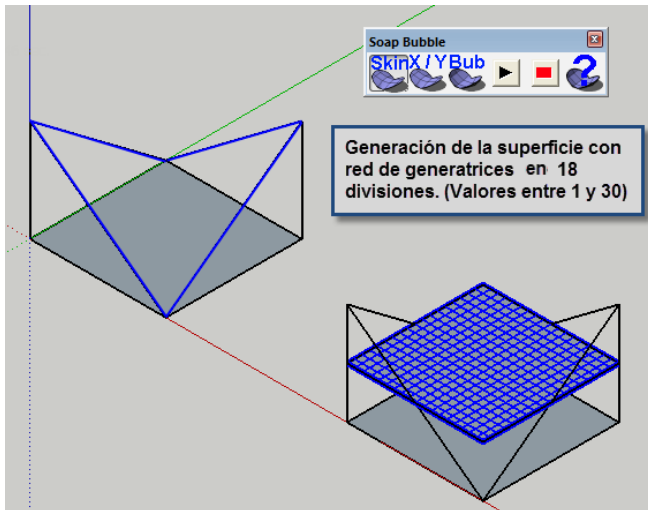


Figura 8. Generación vía extensión Soap Bubble

En la primera imagen de la Figura 9 se aprecia un momento de la generación automática que hizo el plugin. Luego se muestra la superficie completada.

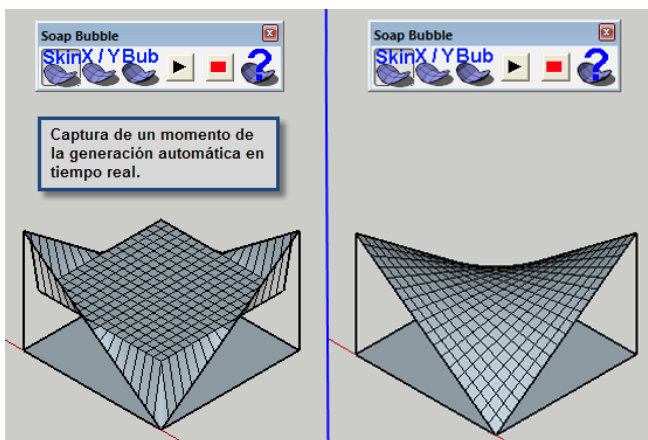


Figura 9. Proceso automático para 18 divisiones.

En la Figura 10 se muestra una nueva vista axonométrica del paraboloide hiperbólico, y una imagen limpia con aplicación de suavizado y sombras.

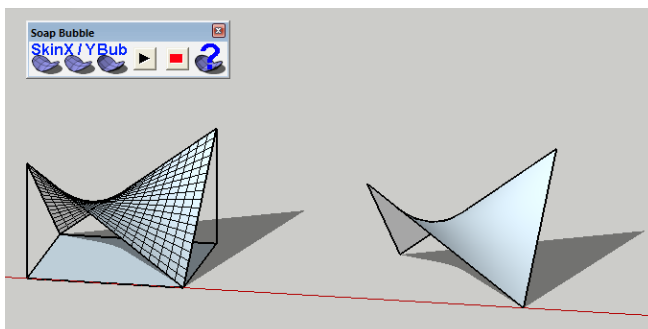


Figura 10. Nueva perspectiva, con suavizado de aristas y aplicación de sombras.

### 3.1.3.- Paraboloide Hiperbólico de planta irregular

Se representará un Paraboloide hiperbólico de planta irregular y puntos altos con distinta cota, resuelto también en forma automática con la extensión Soap Bubble Skin.

La Figura 11 sintetiza en tres imágenes el proceso descrito para las Figuras 8 y 9. En este ejemplo se optó por dividir en 25 partes iguales.

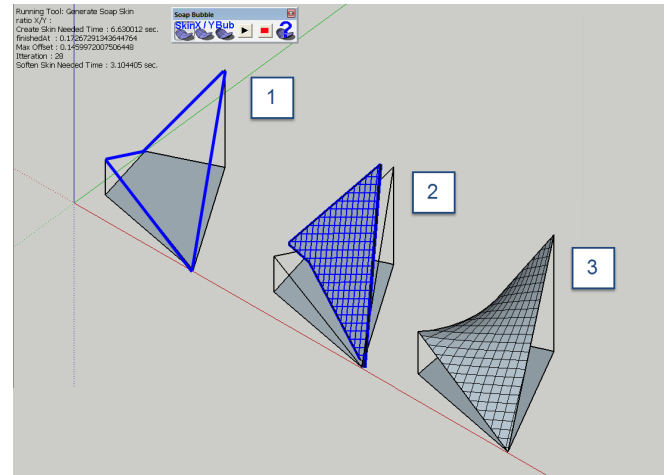


Figura 11. Proceso automático para 25 divisiones.

En la Figura 12 se muestra a la izquierda una nueva vista axonométrica que resalta la diferencia de cotas entre sus puntos altos, y a la derecha una imagen con aplicación de suavizado y sombras.

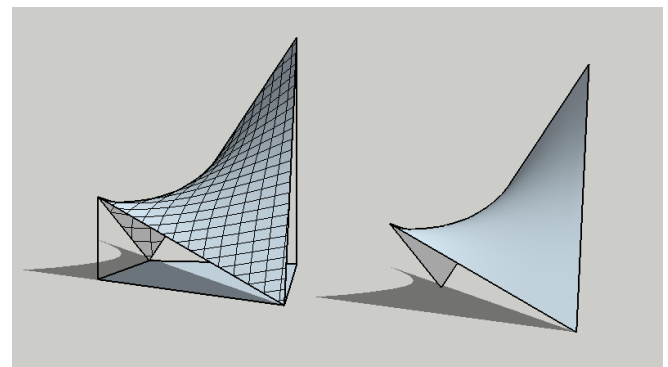


Figura 12. Nueva perspectiva, suavizado de aristas y aplicación de sombras.

### 3.2.- Superficie hiperbólica reglada de revolución.

En la Figura 13 están representados los datos para la generación de esta superficie, y descritos los conceptos teóricos fundamentales según [3]. A partir de una recta frontal (a) que es la generatriz que gira alrededor de un eje vertical (e), se irá generando la superficie. La imagen de la derecha representa las proyecciones diédricas de la malla que generan 24 generatrices constituidas por 12 posiciones equiespaciadas de (a) alrededor del eje (e) más 12 posiciones de la recta generatriz (b), simétrica en cada posición de (a). Dos rectas paralelas a las rectas (a) y (b) que además pertenezcan al plano meridiano ( $\epsilon$ ) serán las asíntotas de la hipérbola que es contorno aparente en proyección vertical (en coincidencia visual con las generatrices (a'') y (b'') representadas en color rojo). Esas asíntotas son las generatrices del llamado "cono asíntótico" del hiperboloide.



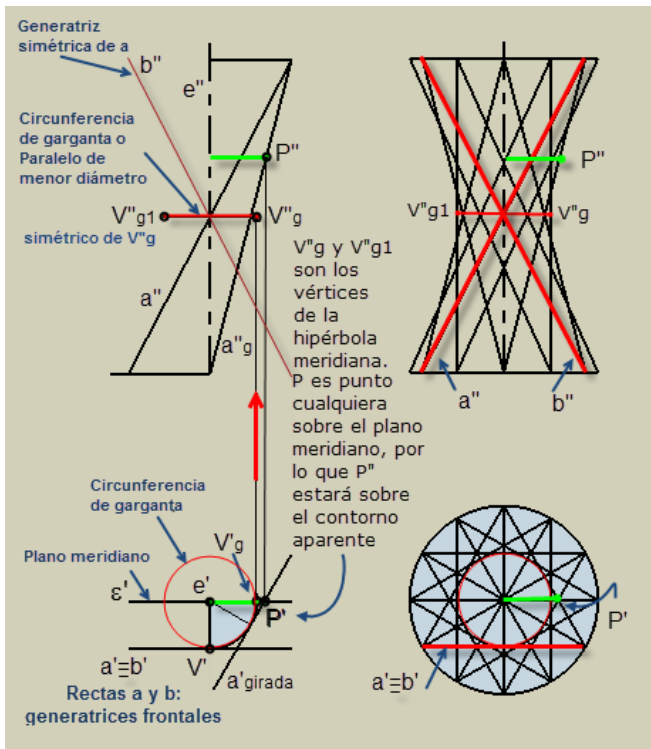


Figura 13. Generación del hiperboloide reglado.

No existe, o al menos no encontré, una extensión para modelar automáticamente el hiperboloide reglado. No obstante se resolvió en forma sencilla con las herramientas básicas de SketchUp. En la Figura 14 se muestran los pasos para generar una malla reglada compuesta por 48 generatrices: 24 ítems a partir de la recta "g" original, más 24 ítems correspondientes a las rectas simétricas de "g".

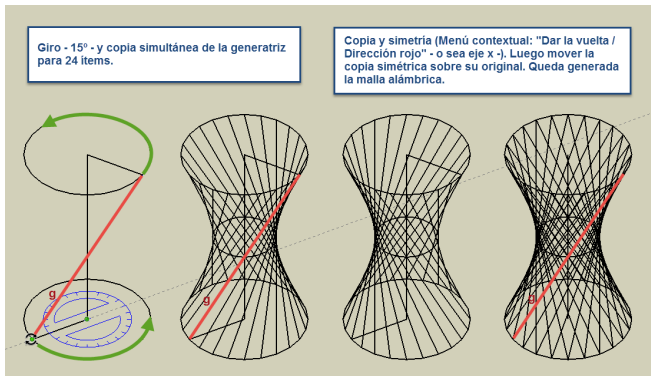


Figura 14. Generación de la malla reglada.

Se utilizaron las órdenes "Girar" más "Copiar" para 24 ítems y simetría con la orden "Dar la vuelta".

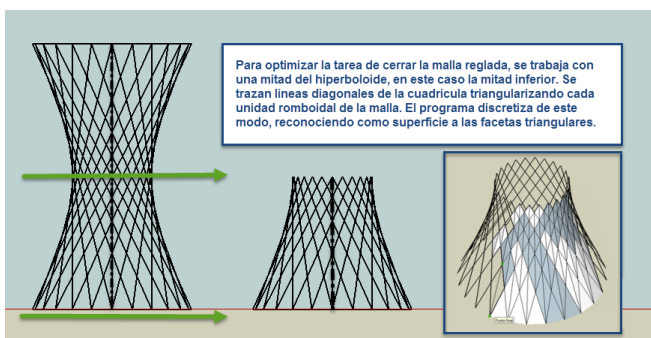


Figura 15. Triangulación para discretizar la superficie.

Las Figuras 15 y 16 muestran el criterio para el modelado: se eligió la mitad inferior de la malla, donde se trazaron líneas para triangular la cuadrícula y generar la superficie discreta. Luego mediante copia y simetría se generó la mitad superior, que fue montada en la mitad original formando el hiperboloide.

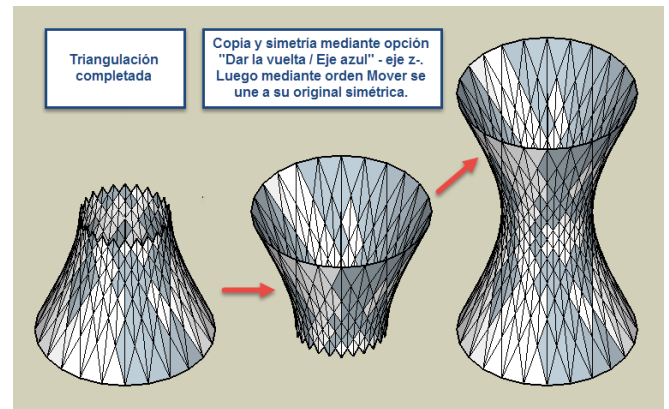


Figura 16. Pasos del modelado de la superficie.

La Figura 17 muestra el paso siguiente, igualando la tonalidad de sus elementos triangulados mediante "Orientar caras", y luego "Suavizar / alisar" para dar el aspecto definitivo a la superficie.

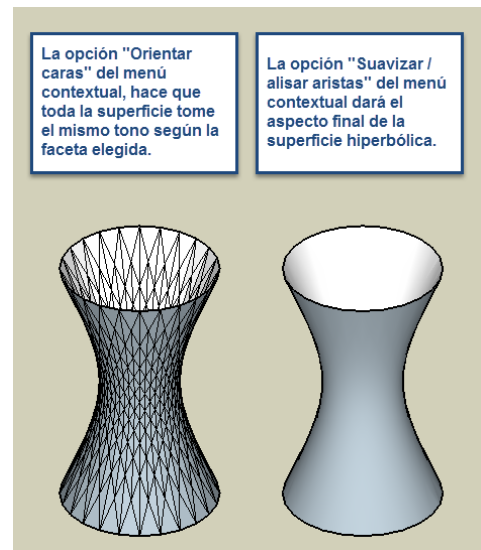


Figura 17. Aspecto final del modelado.

En la Figura 18 se ejemplifican posibilidades de aplicación de materiales, colores y órdenes básicas de transformación, como "Escala". También la extensión FredoScale permite cambios de forma.

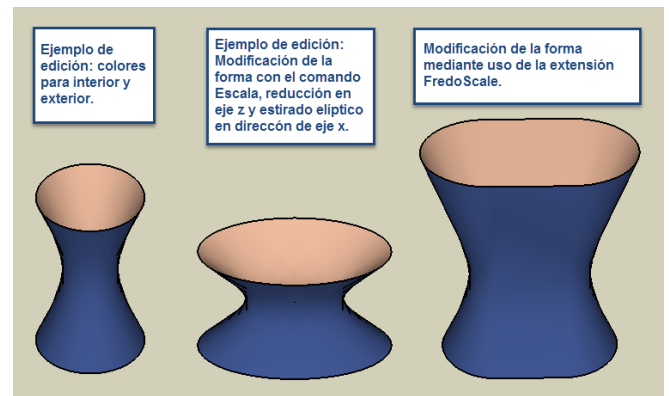


Figura 18. Edición.

Mediante la extensión "Flatten to Plane" más "WorkPlane" se pueden hacer las vistas automáticas 2D del objeto. Ver Figura 19.

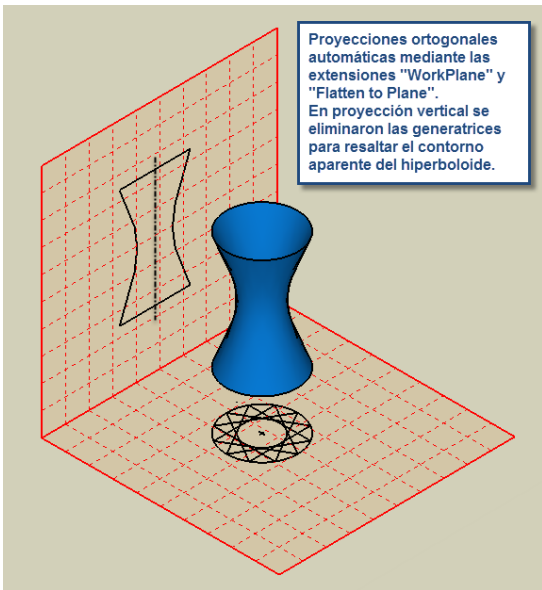


Figura 19. Proyecciones ortogonales automáticas.

### 3.3.- Superficie conoidal (conoide).

El conoide es una superficie alabeada reglada, generada por una recta generatriz ( $g$ ) que se mueve siempre paralela a un plano director ( $\delta$ ), de tal modo que está siempre en contacto con dos líneas directrices: una recta ( $d_2$ ) y una curva no coplanaria ( $d_1$ ). Si la recta directriz es perpendicular al plano director, será un "conoide recto", de otra manera será un "conoide oblicuo" [4]. Ver Figura 20.

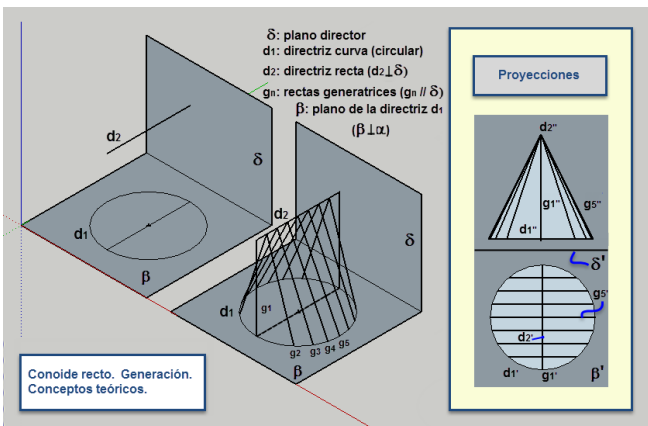


Figura 20. Conoide recto. Conceptos teóricos.

Para modelar se usó la extensión Curviloft, también de libre disposición. Ver Figura 21.

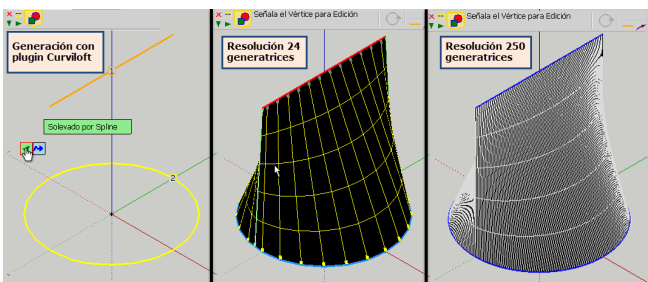


Figura 21. Generación con extensión Curviloft.

Procedimiento: seleccionadas las directrices, y dando un clic, en segundos Curviloft modeló la superficie, incluso con suavizado. Resolución usada: 250 generatrices. En la Figura 22 izquierda se muestra otra vista axonométrica del conoide terminado con aplicación de colores y sombras. A la derecha se generó un conoide oblicuo a partir de modificar la pendiente de la directriz recta.



Figura 22. Conoide recto y conoide oblicuo.

### CONCLUSIONES

El programa SketchUp demostró ser una herramienta muy potente, eficaz, accesible y fácil de aprender. Su interfaz intuitiva y su agilidad para modelar responden a los objetivos con que fue creado. Su versión gratuita es muy buena, y su funcionalidad aumenta notablemente gracias a las extensiones Ruby que permiten más posibilidades de diseño además de mayor productividad al automatizar procesos. También es una importante herramienta didáctica y educativa.

La geometría basada en líneas puede resultar una dificultad a la hora de modelar curvas, por eso es muy importante estudiar y conocer las características del programa, y adaptarlo a las propias necesidades.

Los próximos pasos de esta investigación son profundizar el conocimiento de SketchUp, modelando otras superficies complejas y experimentarlo como herramienta didáctica.

### REFERENCIAS

- [1] MORELLI, R.D., MORELLI L.R. (2012). El Software Libre en la enseñanza de la Representación Gráfica. *Gráfica del diseño. Tradición e Innovaciones, Congreso Egrafia 2012, Vol. 219-223.*
- [2] MORELLI, R.D., PANGIA CTENAS H.A. (2013). Enseñar utilizando programas CAD gratuitos. *X International Conference on Graphics for Arts and Design: Congreso Graphica 2013. Publicación online, ver en: [http://wright.ava.ufsc.br/~grupohipermedia/graphica2013/lista\\_geral.html#E](http://wright.ava.ufsc.br/~grupohipermedia/graphica2013/lista_geral.html#E)*
- [3] SCHMIDT, C.E. (1977). Curvas y Superficies Curvas. *Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería UNR. Departamento de Dibujo. Vol. Publicación N° 10 10-13 y Vol. Publicación N° 11 21-23, 39-43.*
- [4] LEIGHTON WELLMAN, B. (1976). Superficies alabeadas. En *Geometría Descriptiva. Edición en español. Reverté. Vol. 218-225, 230-233.*