

## **CURVAS SPLINE PARA LA CREACION DE UN PROGRAMA INFORMATICO QUE GENERE PATRONES DE PANTALONES**

### **SPLINE CURVES FOR THE CREATION OF AN INFORMATIC PROGRAM THAT GENERATES PATTERNS OF PANTS**

**Alonso W. Álvarez, José L. Tinajero, Edgar G. Salazar y José A. Cifuentes**

*Grupo de Matemática Computacional, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km. 1, Riobamba Ecuador, aalvarez@esPOCH.edu.ec, jtinajero@esPOCH.edu.ec, egsalazar@hotmail.com, jcifu@esPOCH.edu.ec; <http://www.esPOCH.edu.ec>*

**Palabras clave:** Curvas Spline, Derivabilidad Uniforme, Computación Gráfica.

**Resumen.** El presente trabajo de investigación se fundamenta en el tiempo que se demoran las personas (empresas) que se dedican a la creación de patrones prototipos para la confección y producción de pantalones Jean's, y en el desconocimiento o falta de experticia del proceso de diseño y trazado. Esta problemática ofrece el ambiente para crear un software que genere los moldes para su réplica en la tela y luego se proceda a la confección de la prenda de vestir. La principal dificultad que se tuvo que superar son las curvas que deben acoplarse de tal forma que guarde continuidad en su inclinación, más aun tomando en cuenta que se utilizó funciones de diferente especie como polinomios a trozos y arcos logarítmicos, la solución más eficiente a esto fue el principio de derivabilidad uniforme similar al de las curvas Spline. Para la implementación de este sistema, se utilizaron técnicas de computación gráfica. La aplicación de este Programa Informático en el campo empresarial permitió mejorar el rendimiento y disminuyó el tiempo de operación, ya que, la creación de un patrón prototipo en forma manual requiere de 25 minutos aproximadamente, mientras que con la utilización del Sistema se disminuye en un 95% el tiempo requerido, a más que la precisión en los trazos es "perfecta" (criterio de artesanos con muchos años de experiencia en ese campo).

**Keywords:** Spline Curves, Uniform Derivability, Computer Graphics.

**Abstract.** The present research work is based on the time it takes people (companies) that are dedicated to the creation of prototypes for the design and production of Jean's trousers, and in the lack of knowledge or lack of expertise in the design and layout process. . This problem offers the environment to create a software that generates the molds for its replica on the fabric and then proceeds to the making of the garment. The main difficulty that had to be overcome are the curves that must be coupled in such a way that keeps continuity in its inclination, even more taking into account that functions of different species were used as polynomials to pieces and logarithmic arcs, the most efficient solution to this was the principle of uniform derivability similar to that of Spline curves. For the implementation of this system, graphic computing techniques were used. The application of this Computer Program in the business field allowed to improve the performance and decreased the operation time, since, the creation of a prototype pattern in manual form requires approximately 25 minutes, while with the use of the System it is reduced in a 95% the time required, more than the precision in the strokes is "perfect" (criterion of craftsmen with many years of experience in that field).

## 1 INTRODUCCIÓN

Las empresas manufactureras en la actualidad cuentan con un sistema inadecuado de producción, desarmar prendas para copiar el modelo, y realizan una producción en serie, ocasionando pérdida de materiales, distorsiones en la forma, fallas en el acabado y por ende el precio no recompensa el trabajo realizado.

El trabajo artesanal está vinculado a realizar prendas sobre medida, donde el cliente tiene una forma especial o un gusto diferente con los productos que le ofrecen en el mercado, para lo cual es necesario en la mayoría de los casos crear patrones personalizados de las prendas, lo que, dependiendo de la experticia del artesano puede representar un tiempo considerablemente alto (25 minutos aproximadamente). Es allí donde aparecen las expectativas de crear un sistema informático que permita el trazado de estos prototipos en una forma rápida y eficiente. Para un sistema de este tipo, es necesario utilizar técnicas de Computación Gráfica, lo que conlleva hacer un análisis técnico para matematizar el problema a resolver (modelo matemático).

La introducción del computador con el cual es posible efectuar muchas operaciones en poco tiempo, ha impuesto y acentuado el desarrollo del análisis y síntesis de métodos computacionales para el estudio y resolución de problemas matemáticos. Es oportuno subrayar que, sin un profundo conocimiento de metodologías matemáticas, como la matemática computacional, el uso del computador para resolver problemas técnico-científicos puede presentar grandes dificultades (Bevilacqua y Bini, 1995).

## 2 CONTENIDOS TEORICOS

### 2.1 Métodos numéricos

Los métodos numéricos son técnicas matemáticas que nos permiten resolver de forma aproximada problemas matemáticos de mediana o alta complejidad, haciendo una estimación del error cometido (Chapra y Canale, 2015).

En la actualidad los Métodos Numérico se han convertido en una herramienta fundamental que apoyada en la informática permite solucionar problemas reales en todos los campos de la ciencia, sean estos sociales o técnicos. Los Métodos Numéricos nos ayudan a explorar algoritmos que permitan encontrar soluciones en forma aproximada con un error mínimo (Bevilacqua y Bini, 1995).

Para generar gráficos por computadora es necesaria la Computación Gráfica la cual a su vez utiliza de forma determinante técnicas de métodos numéricos como la Aproximación y la Interpolación.

### Interpolación mediante SPLINE

Las Spline son funciones que se construyen como la unión de distintos polinomios, es decir, son polinomios a trozos, pero tienen la propiedad que mantienen la continuidad y la derivabilidad. Está demostrado que los mejores polinomios que se pueden utilizar para este proceso son los de orden tres (Bartels, Beatty y Barsky 1987; Singh y Kushwaha, 2016).

Sean  $\{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ ,  $n+1$ , puntos distintos del intervalo  $[a, b]$  tales que

$$a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b. \quad (1)$$

Una función real  $S(x) \in C^2([a, b])$  (Continua hasta la segunda derivada), es llamada Spline Cúbica para la aproximación de la función  $f(x)$ , si y solamente si

- a) En cada subintervalo  $[x_i, x_{i+1}]$ ,  $i=0, \dots, n-1$ ,  $S(x)$  coincide con un polinomio a lo máximo de orden tres;
- b)  $S(x_i) = f(x_i)$ , para  $i=0, \dots, n$ .

Indicando con  $S_i(x)$ ,  $i=0, \dots, n-1$ , el polinomio que coincide con  $S(x)$  en el subintervalo  $[x_i, x_{i+1}]$ , de las definiciones precedentes se obtienen las siguientes condiciones

- a)  $S_i(x_i) = f(x_i)$ ,  $S_i(x_{i+1}) = f(x_{i+1})$ ,  $i=0, \dots, n-1$ .
- b)  $S'_{i-1}(x_i) = S'_i(x_i)$ ,  $i=1, \dots, n-1$ .
- c)  $S''_{i-1}(x_i) = S''_i(x_i)$ ,  $i=1, \dots, n-1$ .

## 2.2 Computación gráfica

Es la rama de la ciencia que se encarga del estudio y diseño de imágenes en dos y tres dimensiones en la pantalla de un computador a través de herramientas proporcionadas por la matemática, física, etc. En la Computación gráfica, la abstracción de los modelos matemáticos se concretiza a través de algoritmos que hacen posible la programación de componentes importantes dentro de las herramientas computacionales. La Computación Gráfica es la máxima expresión de la matemática en el ámbito computacional (Janke y Wiley, 2014; Castañeda, 2009).

### Ventana Real y Ventana Pantalla (ViewPort).

Dentro de los pasos en la línea de ensamblaje que se utiliza para generar imágenes en un computador es fundamental diferenciar entre ventana real y ventana del computador. Es decir, se tienen dos sistemas de referencia: el sistema de referencia real donde se desarrolla el fenómeno a estudiar, y el sistema de referencia de la pantalla (Bini y Menchy, 2001).

En el sistema de referencia real se identifica la ventana que se quiere transportar sobre la pantalla (ventana real), y sobre la pantalla se identifica el rectángulo en el que tal ventana vendrá transferida (ventana pantalla). Es decir, se debe determinar la transformación (función) que asocia las coordenadas del sistema de referencia real a las coordenadas de referencia de la pantalla en modo que la ventana real venga transformada en la ventana pantalla y viceversa, estos sistemas se pueden apreciar en la Figura 1 (Álvarez, Salazar y Tinajero, 2018).

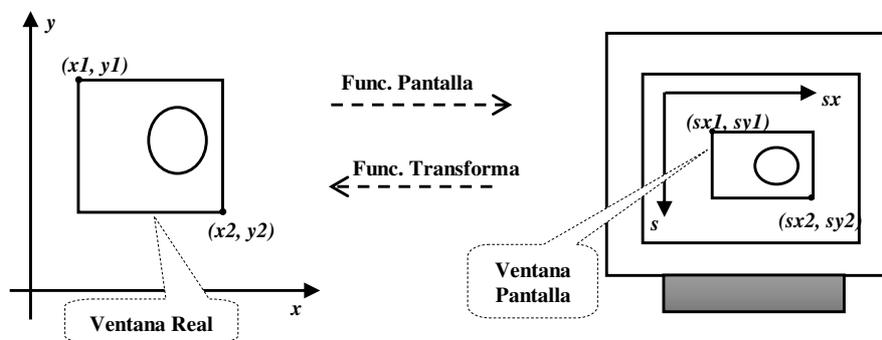


Figura 1: Ventanas Real y Pantalla

Se designan con  $(x_i, y_i)$  las coordenadas del ángulo superior izquierdo de la ventana real, y

con  $(x_2, y_2)$  las coordenadas del ángulo inferior derecho de la ventana real. De igual forma con  $(sx_1, sy_1)$  las coordenadas del ángulo superior izquierdo de la ventana pantalla, y con las  $(sx_2, sy_2)$  coordenadas del ángulo inferior derecho de la ventana pantalla.

Se buscan relaciones que permitan expresar las coordenadas de referencia real con las coordenadas de referencia de la pantalla, para ello se utilizan dos transformaciones matemáticas: Traslación y Escalamiento, con lo cual se llega a las siguientes transformaciones (Álvarez, Salazar y Tinajero, 2018),

$$\begin{aligned} x &= x_1 + \frac{(x_2 - x_1)(sx - sx_1)}{(sx_2 - sx_1)} \\ y &= y_2 - \frac{(y_2 - y_1)(sy - sy_1)}{(sy_2 - sy_1)} \end{aligned} \quad (3)$$

### 2.3 Trazado de prototipos de pantalones

Según el *Manual del diseñador de ropa casual* (Flores, 2005), para iniciar con el proceso de confección de un molde para pantalón, se necesita la siguiente información: Medidas del largo total, del largo de la entrepierna, del contorno de cintura, del contorno de cadera, del contorno de rodilla y del contorno de la basta. A continuación se utilizan los siguientes criterios para trazar el molde delantero y el molde posterior (Flores, 2005).

#### Molde delantero (Figura 2)

1. Parte de un ángulo recto que se produce al trazar una vertical con una horizontal. Se establece el largo total del pantalón.
2. Se mide desde el largo total hacia arriba, el tamaño de la entrepierna, y luego escuadramos una línea recta obteniendo la línea de tiro.
3. Desde el punto de inicio medimos el valor de un cuarto del valor de cadera y escuadramos hasta la línea de tiro.
4. Aumentamos en la línea de tiro 3,5 cm y medimos 3,5 hacia la cintura. Luego redondeamos los puntos encontrados formando la línea de horcajadura.
5. Tomamos la mitad de la línea formada entre la línea de horcajadura, con el aumento más la cuarta parte de cadera y señalamos tanto en la cintura, cadera y basta, llamando esta línea de planchado
6. Para la medida de rodilla tomamos la mitad del valor de entre pierna y aumentamos 3 cm. hacia arriba y luego escuadramos formando una línea recta.
7. En el cruce de las líneas de rodilla y planchado aplicamos la mitad del valor de rodilla, hacia la izquierda y derecha, tomando como base la línea de planchado.
8. En la basta señalamos la mitad de la medida de basta a cada lado.
9. Trazamos una línea recta desde la basta hacia la rodilla por los dos lados.
10. Desde la rodilla unimos hasta la cadera con una línea recta en la parte superior
11. Desde la rodilla unimos hasta la horcajadura con una línea semicurva.
12. Bajamos del ángulo recto inicial  $1/6$  de la medida de cadera en el largo total  $(84/6)$ .
13. En la línea de cintura regresar  $1/4$  del valor de cintura (19) y aumentamos 1cm para costura, para unir con línea semicurva hasta el  $1/6$  dando la forma de cadera.
14. En la basta aumentamos 3 cm para el dobladillo con una separación ligera de 0,5 cm de diferencia en cada lado. Cortar por los contornos de los trazos.
15. Para el bolsillo medimos  $1/4$  de cadera y  $1/5$  de cadera y dar forma redondeada del bolsillo

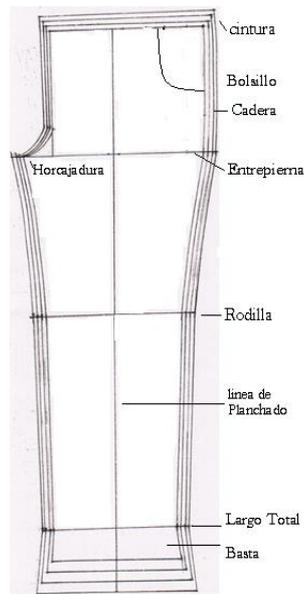


Figura 2: Molde delantero (Flores, 2005)

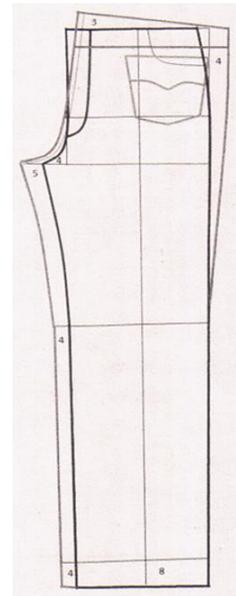


Figura 3: Molde posterior (Flores, 2005)

### Molde Posterior (Figura 3)

1. Tomando como base el molde delantero, prolongamos las líneas de entre pierna y aumentamos 4 cm.
2. En la línea de rodilla también aumentamos 4 cm.
3. En la basta se aumenta 4 cm y luego unimos con una línea recta.
4. En la línea de horcajadura aumentamos 4,5 cm. y unimos con la línea de rodilla, utilizando la semicurva.
5. En la cintura, desde el centro retrocedemos 3 cm y luego subimos 3 cm.
6. Unimos con una línea recta, la línea de horcajadura hasta la parte superior en la cintura.
7. Aplicar un 1/4 de cadera, y aumentar 4 cm en la línea de cadera
8. Unir la medida de rodilla con la cadera utilizando una línea recta, y con la semicurva unir la cintura con la cadera.
9. Dar la forma redondeada en el tiro posterior bajando 1 cm en la curva.
10. En la cintura, y cadera aumentamos 1 cm hasta la línea de tiro, manteniendo la misma forma para costura.
11. Al costado bajamos un octavo de la medida de cadera y trazamos una línea recta; esta será el detalle principal del pantalón Jean's.
12. La rodilla con la basta se mantienen según el diseño del delantero
13. Para coser se deja un centímetro del modelo.
14. Para trazar el bolsillo de atrás del pantalón, tipo parchado, bajamos 2 cm de la línea detalle del Pantalón Jean's.

### 3 PROPUESTA E IMPLEMENTACION DE LOS MODELOS NUMERICOS

Para la propuesta de un sistema informático que ayude en la elaboración y trazado de estos prototipos de pantalones se combinó técnicas de Computación Gráfica con Métodos Numéricos, como procesos para generar segmentos rectos y curvos, curvas explícitas entre

dos o más puntos (Curvas Bezier o Spline), y procesos que combinen segmentos rectos y curvos sin perder la continuidad ni la derivabilidad uniforme (proceso que los artesanos denominan *semicurva*), esto se logró ampliando o reduciendo las curvaturas de las curva según la pendiente de los segmentos con los cuales se unen.

Para la implementación se utilizó técnicas de Programación Orientada a Objetos en C#. Las características de este lenguaje permiten de una manera fluida la implementación de procesos matemáticos ya que su estructura es muy similar a la estructura matemática (Álvarez, Salazar y Tinajero, 2018).

### 3.1 Procesos para el sistema

Proceso Segmento // Proceso que traza un segmento entre (x0, y0) y (x1,y1)

```

Inicio
  t=0;   V= (Vx,Vy); // Vector de dos componentes reales
  Repetir
    Vx=x0*(1-t) +x1*t;
    Vy=y0*(1-t) +x1*t;
    Encender (V);
    t=t+0.001
  Hasta t=1;
Fin.
```

Proceso Curva1 // Proceso que traza un arco logarítmico centrado en (x0, y0) y amplitud R

```

Inicio
  t=0;   V= (Vx,Vy); // Vector de dos componentes reales
  Repetir
    Vx=x0+R*t;
    Vy=y0+R*(-log(1.1-t)-0.9));
    Encender (V);
    t=t+0.001
  Hasta t=1;
Fin.
```

Proceso Bezier\_Spline(t) // Curva Bezier de tres puntos en Ax(i) y Ay(i) con parámetros dx y dy para acoplar a otras curvas conservando continuidad y derivabilidad

```

Inicio
  Para i=0,...,2
    Inicio
      k0=2/((2-i)!*i!);
      k1=(t^i)*((1-t)^(2-i));
      Sx=Sx+Ax(i)*k1*k2;
      Sy=Sy+Ay(i)*k1*k2;
    Fin
  Salida (dx*Sx, dy*Sy);
```

Fin;

Proceso Patron\_Delantero // Proceso que traza el Molde Delantero

```

Inicio
  entreP=largo-cadera/2;
  S= Segmento(0,0,0,largo); //Encender(S)
  S= Segmento(0,cadera/2,0,0); //Encender(S)
  S= Segmento(cadera/2,0,cadera/2,largo); //Encender(S)
  S= Segmento(-3.5,0,entreP,cadera/2,entreP); //Encender(S)
  C= Curva1(-3.5,entreP+3.5,3.5); // Encender C
```

```

RB= ((Cadera/2)-3.5)/2;
S= Segmento(RB,largo,RB,0); //Encender(S)
S= Segmento(0,entreP/2+3,cadera/2,entreP/2+3); //Encender(S)
S= Segmento(0,largo,0,entreP+3.5); //Encender(S)
S= Segmento(RB-basta/2,0,RB-rodilla/2,entreP/2+3); //Encender(S)
S= Segmento(RB+basta/2,0,RB+rodilla/2,entreP/2+3); //Encender(S)
S= Segmento(cadera/2,largo-cadera/3,RB+rodilla/2,entreP/2+3); //Encender(S)
S= Segmento(0,largo,cintura/2+1,largo); //Encender(S)
//Curvas que se acoplan a los segmentos y al arco, utilizando los Arreglos Ax, Ay
Ax[0]=cintura/2+1; Ay[0]=largo;
Ax[1]=Cadera/2;   Ay[1]=Largo-3;
Ax[2]=cadera/2;   Ay[2]=largo-cadera/3;
t=0;
Repetir
    Bezier_Spline(t,P.x0,P.y0);
    t=t+0.001;
Hasta t=1;
Ax[0]=RB-rodilla/2; Ay[0]=entreP/2+3;
Ax[1]=-2;           Ay[1]=entreP;
Ax[2]=-3.5;         Ay[2]=entreP/3;
t=0;
Repetir
    Bezier_Spline(t,P.x0,P.y0);
    t=t+0.001;
Hasta t=1;
Fin

```

El Proceso para el Prototipo Posterior es similar

## 4 SISTEMA INFORMÁTICO

El sistema informático para el diseño de prototipos de pantalones (SIPP), es un sistema diseñado para ayudar a las empresas o artesanos a construir moldes de prototipos de pantalones en una forma eficiente y rápida. Con el sistema se logró reducir el tiempo de elaboración en un 95%, además que la precisión en los trazos fue de altísima calidad. Para este análisis se contó con la colaboración de artesanos con muchos años de experiencia.

### 4.1 Interfaz del sistema

La interfaz del sistema se construyó de una forma amigable, guardando una estructura similar a una aplicación Windows.

Al iniciar la aplicación aparece una pantalla en la que se deben ingresar los datos más importante respecto a las medidas (largo, cintura, cadera, entre pierna, rodilla, basta) y la forma del bolsillo (recto, oblicuo, redondo) según sea la tendencia de la moda en ese momento (Figura 4).

**PROGRAMA PARA PLANTILLAS DE PANTALONES**

**MEDIDAS TOTALES**

Largo

Cintura

Cadera

EntrePierna

Rodilla

Basta

Tipo de Bolsillo

Alonso Alvarez Olivo  
Version 1.1

Figura 4: Vista de entrada y de ingreso de datos al sistema

## 4. 2 Resultados del sistema

Los resultados del sistema se presentan en una segunda ventana (Figura 5), en la que se puede apreciar los moldes delantero y posterior, además de los moldes para los bolsillos. En esta ventana también existen botones con los cuales se puede regresar a la ventana de las medidas, ampliar secciones escogidas, generar las plantillas y enviar el diseño a la impresora para crear el molde en papel o en lámina plástica. También cuenta con una opción para medir distancias entre los trazos.

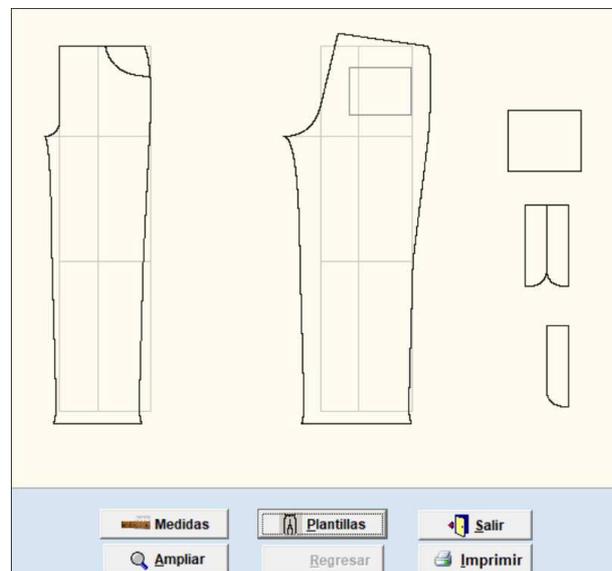


Figura 5: Prototipos generados

## 5 CONCLUSIONES

Actualmente las empresas recurren a las universidades buscando soluciones a problemas de diferente índole. La modelación matemática y la simulación numérica junto a las técnicas de gráficos por computadora brindan un apoyo eficiente a la industria, ya sea para diseño de prototipos, o para la toma de decisiones. Los métodos numéricos presentan una alternativa practica y eficaz para resolver modelos reales de una alta complejidad como los que se encuentran en la industria de la confección de prendas de vestir, además que reducen el tiempo de elaboración en forma considerable, sin importar si la cantidad de productos es muy

grande. Las perspectivas futuras para trabajos de este tipo es la generación de prototipos 3D, para piezas mecánicas o para artículos en madera (carpintería).

## REFERENCIAS

- Álvarez, A., Salazar, N., y Tinajero, J., Algoritmos Matemáticos para el texturizado e iluminación de superficies 3D en un Computador. *Simposio Iberoamericano en programación Informática*, 2018.
- Bartels, R., Beatty, J., Barsky, B., *An Introduction to Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modelling*, Springer Verlag, New York, 1987.
- Bevilacqua, R., Bini, D., *Introduzione alla matematica computazionale*, ZANICHELLI, 1995.
- Bini, D., y Menchi, O., *Matematica, mondo reale e calcolatore*, ZANICHELLI, 2001.
- Castañeda, L., *Computación Gráfica y Visual*, 2009. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/leissicl/computacion-grafica-y-visual>.
- Chapra, S., and Canale, R., *Métodos Numéricos para Ingenieros*, McGraw-Hill, 2015.
- Flores, L., *Manual del diseñador de ropa casual*, SECAP Riobamba, 2005.
- Janke, S., and Wiley, J., *Mathematical Structures for Computer Graphics*, Clearance Center Inc., 2014.
- Martínez, F., Matemática computacional: Un nuevo pilar para el desarrollo científico y tecnológico, *Revista MAT (Matemáticas en la Frontera)*, 11:102-115, 2006.
- Singh, N., and Kushwaha, N., *Computational Methods for Physics and Mathematics*, Alfa Science International, 2016.