



Anexo 1:

a. Otras técnicas de digitalización con contacto.

a.1 Punta montada sobre un brazo robot (*Joint Arms*).

Estos equipos operan sobre el mismo principio de contacto de la Máquina de Medición por Coordenadas, con la diferencia que son dispositivos ligeros, fácilmente transportables, que se pueden montar sobre cualquier superficie rígida. Tienen articulaciones que permiten al operador del equipo girar la sonda de medición en cualquier dirección; teniendo puntas exploratorias intercambiables que pueden ser utilizadas dependiendo de las características de la superficie del objeto (ver figura 111). Esto hace de los brazos robot herramientas de inspección versátiles.

Se puede pasar la sonda a lo largo de una superficie para recolectar los datos continuos de las mediciones. Ello permite capturar las coordenadas de una cantidad mayor de puntos. [10]



Figura 111: Ejemplo de escaneo por medio de punta exploratoria montada sobre un brazo robot (*Joint Arms*). <13>

a.2 Sistema de digitalizado por arrastre.

Para la automatización del proceso de digitalización ya son muchos los escáneres que incorporan un sistema de arrastre o alimentador, tanto automático como manual, que permite la digitalización desde rollo. Este sistema es utilizado en grandes proyectos y permite un ahorro importante tanto de tiempo como económico. De la misma manera, la digitalización directamente desde rollo supondrá un aumento en la calidad de la imagen final obtenida. Se habrá evitado en la película un gran número de ralladuras, polvo y manchas de grasa que se suelen transferir tanto en el proceso de cortado como en el de obtención de la diapositiva. Esto incide en el ahorro considerable de

posibles problemas en aerotriangulaciones automáticas posteriores, modelos digitales automáticos o posibles retoques o ediciones de las ortofotografías antes de su entrega final (ver figura 112). [10]



Figura 112: Escáner con sistema de arrastre. <14>

b. Técnicas sin contacto:

b.1 Fotogrametría.

Consiste en la creación de modelos tridimensionales a partir de la medición y análisis de las características geométricas de objetos representados en imágenes digitales de dos dimensiones.

Emplea dos cámaras fotográficas un tanto apartadas apuntando al mismo objetivo. Analizando las diferencias entre las tomas de las cámaras puede determinarse la distancia entre los lentes y el objeto en diferentes puntos de las imágenes.

El uso más extensivo de esta tecnología ha tenido lugar en la obtención de información topográfica con fines cartográficos (ver figura 113). [10]



Figura 113: Técnica de Fotogrametría. <15>

b.2 Escáner láser de tiempo del vuelo 3D.

Utilizan un haz de láser de baja potencia, que puede ser puntual o por planos. La precisión de estos digitalizadores será en función de la resolución del captador, de la calidad de la pieza y también de la posición del captador con respecto al punto medido por lo que van desde algunas décimas de milímetro hasta la centésima. El color y acabado de la pieza tienen importancia para la medición.

Los procedimientos de digitalización mediante láser por punto son más convenientes para las piezas que tienen detalles finos y zonas más difíciles de acceso.

Los sistemas láser por planos son más eficaces para la digitalización por secciones (ver figura 114). [12]

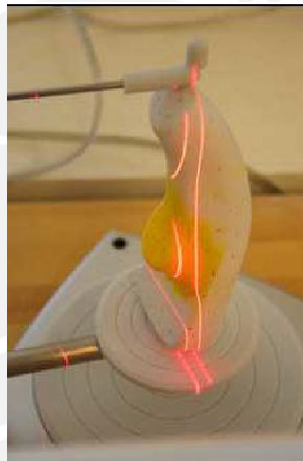


Figura 114: Digitalizado Láser. <16>

b.3 Escáneres 3D de luz estructurada.

Se componen al igual de los sistemas láser de una fuente emisora de luz y de un sistema receptor de la información. La principal ventaja es que pueden digitalizar un área completa sin mover ningún cabezal y obtener en una sola captura más de un millón de puntos situados sobre la superficie de la pieza. Su precisión es similar a la del láser, pero no podemos ver lo que estamos escaneando en tiempo real. Según vamos sacando fotografías debemos ir alineándolas mediante software para comprobar que estamos digitalizando correctamente.

Dependiendo que sistema óptico hallamos utilizado deberemos tratarla, es decir, filtrar la información: eliminar el “ruido”, las distorsiones que se hayan podido

producir por el movimiento de la pieza, alinear las diferentes tomas en el caso de la luz blanca (ver figura 115). [12]



Figura 115: Escaneado 3D mediante luz blanca estructurada. <17>

b.4 Escáner láser por medio del método de triangulación.

Este equipo utiliza el principio de triangulación activa basado en la aplicación de un haz de luz por medio de un emisor láser sobre la superficie de la escena que examina; posteriormente la luz reflejada del láser es captada por un sistema óptico (cámara digital), que a través de un sensor denominado dispositivo de acoplamiento por carga ubica las medidas de profundidad de la superficie inspeccionada como deformaciones de la luz láser. Estas medidas son representadas en una señal de imagen digital que contiene información referente a las coordenadas X, Y, Z del conjunto de curvas de la superficie escaneada. El punto del láser sobre la superficie del objeto, la cámara y el emisor del láser forman un triángulo (Ver figura 116). [10]

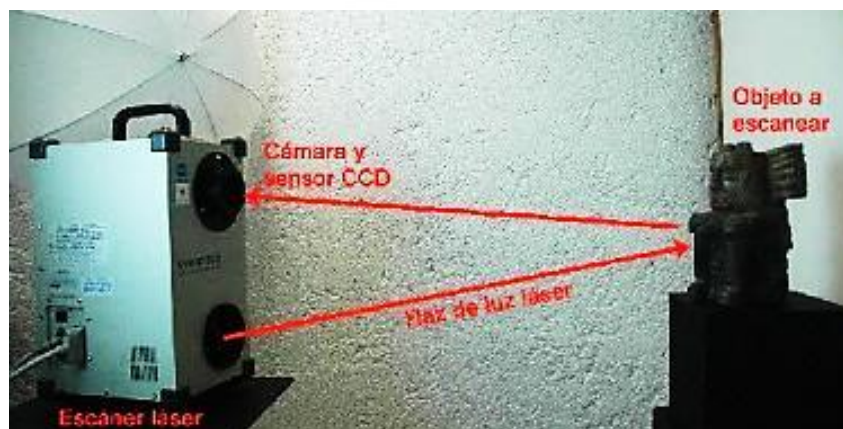
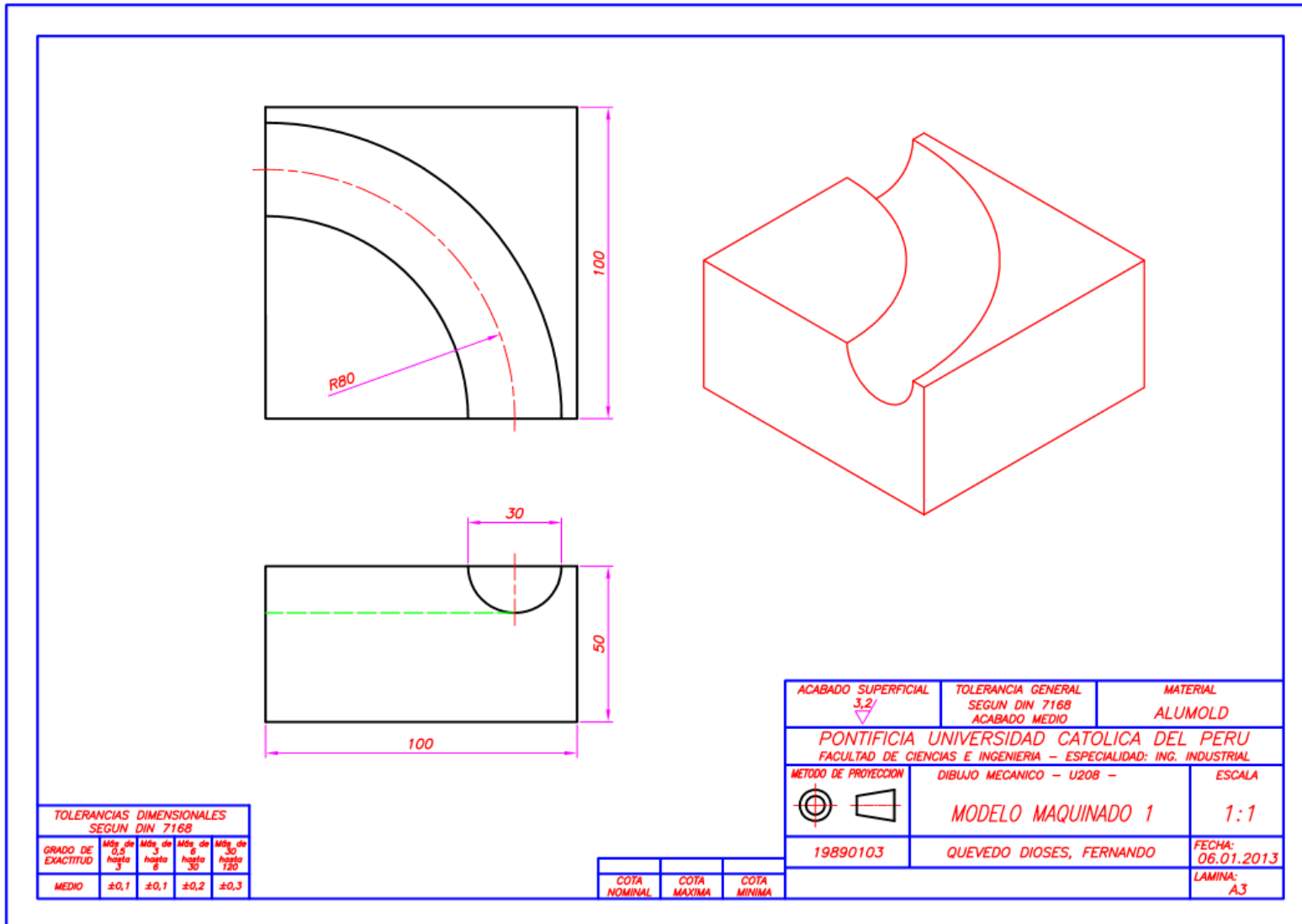


Figura 116: Escaneado 3D de no contacto utilizando método de triangulación. <18>

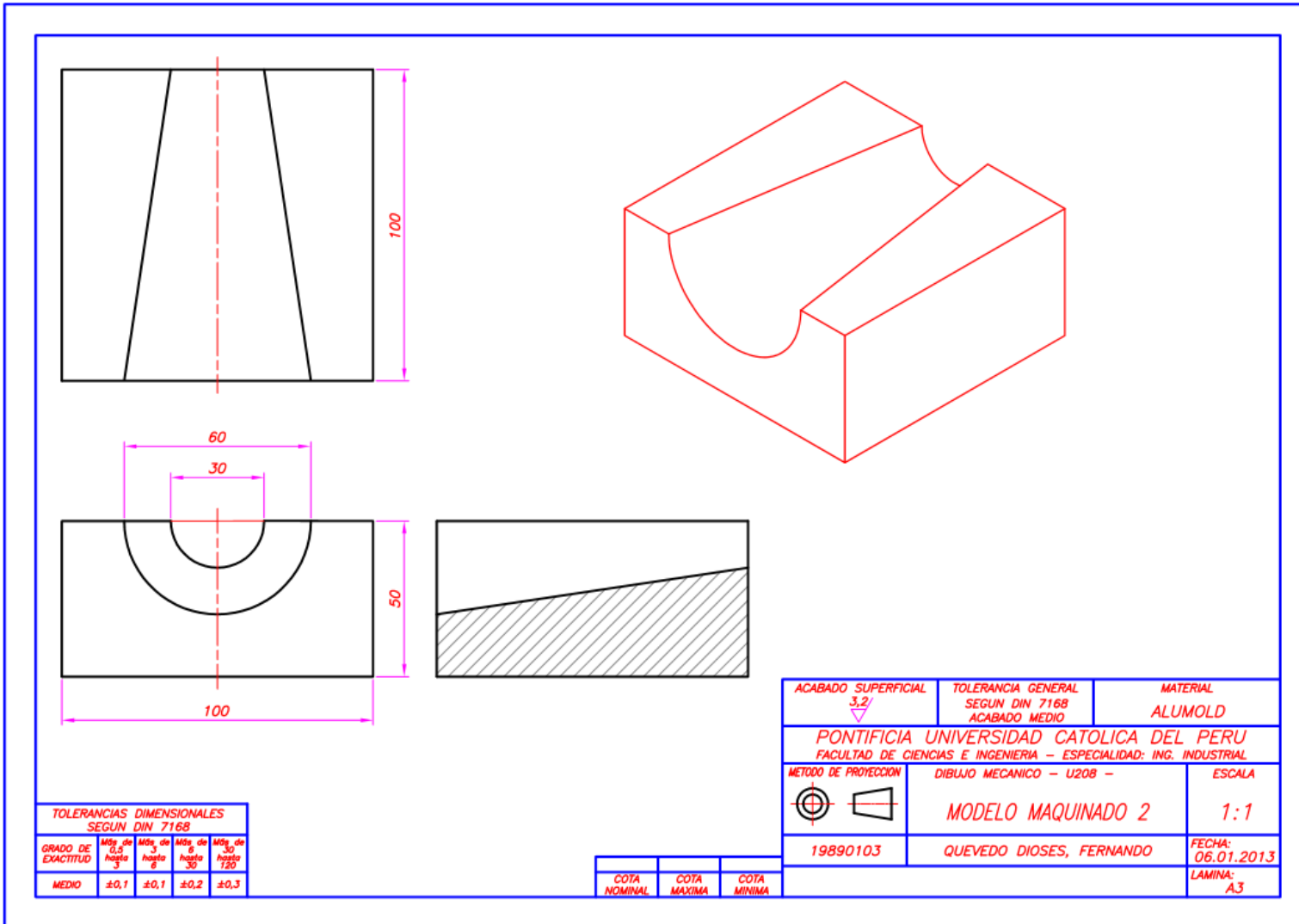
Anexo 2:

Plano de fabricación de modelo maquinado 1



Anexo 3:

Plano de fabricación de modelo maquinado 2



Anexo 4:

Programa de método de interpolación de Superficie B-Spline

```

%Ingreso de datos de método de interpolación de superficie B-Spline
Dx=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_X','D4:W23');
Dy=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_Y','D4:W23');
Dz=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_Z','D4:W23');
ku=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Datos_Superficie','C4');
kv=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Datos_Superficie','C5');
nu=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Datos_Superficie','C6');
nv=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Datos_Superficie','C7');

Px,Py,Pz,U,V] = BsplineSurfInter(Dx,Dy,Dz,ku,kv,nu,nv);
CP = cat(3,Px',Py',Pz');
CP = shiftdim(CP,2);

num=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Datos_Superficie','C9');
plotBSplineSurface(ku-1,kv-1,U,V,CP,num);
plot3(Dx,Dy,Dz,'b.','MarkerSize',12);
hold off

```

```

function [Px,Py,Pz,U,V] = BsplineSurfInter(Dx,Dy,Dz,ku,kv,nu,nv)
% Datos: Dx, Dy (coordenadas x,y de puntos de control),
%        nu,nv (n=número de puntos en las direcciones, u,v)
%        ku,kv (Orden de la superficie en las direcciones, u,v),
% Salida: Px,Py,Pz (Puntos de Boor de la superficie B-spline).

% Paso 0:
% El número de puntos de control debe ser menor que el orden de la
superficie.
if(ku>nu)
    ku = nu;
end
if(kv>nv)
    kv = nv;
end
% Paso 1: Calculando los parámetros: ubu(), ubv()
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Para dirección u
ubu = zeros(1,nu);
for l=0:nv-1,
    totalChord = 0;

```



```

    for k=1:nu-1,
        cds(k)=sqrt((Dx(l+1,k+1)-Dx(l+1,k))^2+(Dy(l+1,k+1)-
Dy(l+1,k))^2+(Dz(l+1,k+1)-Dz(l+1,k))^2);
        totalChord = totalChord + cds(k);
    end
    dt = 0;
    for k=1:nu-1,
        dt = dt + cds(k);
        ubu(k+1) = ubu(k+1) + dt/totalChord;
    end
end
ubu(1) = 0.;
for k=1:nu-2,
    ubu(k+1) = ubu(k+1)/nv;
end
ubu(nu) = 1.0 ;
fprintf('\n');
for i = 1 : nu
    fprintf('ubu( %2.0f )=%8.4f \n',i,ubu(i));
end
fprintf('\n');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Para dirección v
for k=0:nu-1,
    totalChord = 0;
    for l=1:nv-1,
        cds(l)=sqrt((Dx(l+1,k+1)-Dx(l,k+1))^2+(Dy(l+1,k+1)-
Dy(l,k+1))^2+(Dz(l+1,k+1)-Dz(l,k+1))^2);
        totalChord = totalChord + cds(l);
    end

    dt = 0;
    for l=1:nv-1,
        dt = dt + cds(l);
        ubv(l+1) = ubv(l+1) + dt/totalChord;
    end
end
ubv(1) = 0.;
for l=1:nv-2,
    ubv(l+1) = ubv(l+1)/nu;
end
ubv(nv) = 1.0 ;
for j = 1 : nv
    fprintf('ubv( %2.0f )=%8.4f \n',j,ubv(j));
end
fprintf('\n');
%Paso 2: Cálculo de los Knots Vectors : U,V
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Calculo del vector U
for j=1:ku,
    U(j) = 0.; % repitiendo los primeros knots
    fprintf('U( %2.0f )=%8.4f \n',j,U(j));
end

```

```

for j=1:nu-ku,
    U(j+ku) = 0.;
    for i=j:j+ku-2 % promediando los k-1 parámetros
        end
    U(j+ku) = U(j+ku)/(ku-1);
    fprintf('U( %2.0f )=%8.4f \n',j+ku,U(j+ku));
end
for j=nu+1:nu+ku,
    U(j) = 1.; % repitiendo los últimos knots
    fprintf('U( %2.0f )=%8.4f \n',j,U(j));
end
fprintf('\n');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Calculo del vector V
for j=1:kv,
    V(j) = 0.; % repitiendo los primeros knots
    fprintf('V( %2.0f )=%8.4f \n',j,V(j));
end
for j=1:nv-kv,
    V(j+kv) = 0.;
    for i=j:j+kv-2 % promediando los k-1 parámetros
        V(j+kv) = V(j+kv)+ubv(i+1);
    end
    V(j+kv) = V(j+kv)/(kv-1);
    fprintf('V( %2.0f )=%8.4f \n',j+kv,V(j+kv));
end
for j=nv+1:nv+kv,
    V(j) = 1.; % repitiendo los últimos knots
    fprintf('V( %2.0f )=%8.4f \n',j,V(j));
end
fprintf('\n');
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Paso 3: Obtención de los puntos de Boor Q
    for i=0:nv-1,
        Qx(i+1,:) = (InterForSurf(Dx(i+1,:) ', ku, nu, ubu, U))';
        Qy(i+1,:) = (InterForSurf(Dy(i+1,:) ', ku, nu, ubu, U))';
        Qz(i+1,:) = (InterForSurf(Dz(i+1,:) ', ku, nu, ubu, U))';
        fprintf('Qx=%8.5f Qy=%8.5f Qz=%8.5f\n',Qx(i+1,:),Qy(i+1,:),Qz(i+1,:));
        fprintf('\n');
    end
%Paso 4: Obtención de los puntos de Boor P
for j=0:nu-1,
    Px(:,j+1) = InterForSurf(Qx(:,j+1),kv,nv,ubv,V);
    Py(:,j+1) = InterForSurf(Qy(:,j+1),kv,nv,ubv,V);
    Pz(:,j+1) = InterForSurf(Qz(:,j+1),kv,nv,ubv,V);
    fprintf('Px=%8.5f Py=%8.5f Pz=%8.5f\n',Px(:,j+1),Py(:,j+1),Pz(:,j+1));
    fprintf('\n');
end
% Fin de Programa

```

```

function [P] = InterForSurf(D,k,n,ub,U)
% Curva de interpolación B-spline,
% Entrada: D (Ingreso de datos - 1Dimensión),
%         n (n=número de puntos de entrada)
%         k (orden de la curva),
% output: P (Punto de Boor de la curva B-Spline - 1Dimensión)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Paso 1: Construcción de la matriz A
%Resolución de Ax = b
for i=2:n-1
    span = 0;
    while ub(i)>U(span+1)
        span = span+1;
    end
    span = span - 1;
    % Definición de la function B-Spline
    [N] = Basisfuns(ub(i),U,span,k);
    for j=0:k-1
        A(i,span-k+2+j) = N(j+1);
    end
end
A(1,1) = 1.0 ;
A(n,n) = 1.0 ;
P = A\D;
% Fin de Programa

```

```

function [N] = Basisfuns(u,U,i,k)
% Cálculo de las funciones básicas B-Spline
% Entrada:
%         u (valor de parámetro)
%         p (grado de las funciones de base)
%         i (parámetro de cálculo)
%         U (knot vectors)
%Salida: N (Valores de la función de base)
N(1) = 1.0 ;
for j=1:k-1
    left(j+1) = u-U(i+2-j);
    right(j+1) = U(i+j+1)-u;
    saved = 0.0 ;
    for r = 0:j-1
        temp = N(r+1)/(right(r+2)+left(j-r+1));
        N(r+1) = saved+right(r+2)*temp;
        saved = left(j-r+1)*temp;
    end
    N(j+1) = saved ;
end
% Fin de Programa

```

```

function out=pointonsurface(p,q,U,V,CP,t,s)
% POINTONSURFACE calcula un punto en la superficie B-spline de grado
(p,q) con los parámetros(t,s). La superficie es definida por la red de
control CP y la secuencia de los knots vectors U y V.
if ( nargin ~= 7)
    error('Incorrect number of arguments');
end
m1 = size(U);
m2 = size(V);
n1 = size(CP,2);
n2 = size(CP,3);
if (m1 ~= (n1 + p + 1))
error('Inconsistencia entre el número de knots, puntos de control y
grado de la superficie');
end
if (m2 ~= (n2 + q + 1))
    error('Inconsistencia entre el número de knots, puntos de control y
grado de la superficie');
end
% Encontrar los intervalos de los knots donde los parámetros t y s
están localizados
% i = findinterval(n1,p,t,U);
% j = findinterval(n2,q,s,V);
if t>=U(n1+1),
    span = n1 - 1;
else if t==U(p+1),
    span = p;
else
    span = 0;
    while t>U(span+1)
        span = span+1;
    end
    span = span - 1;
end
end
i = span;
if s>=V(n2+1),
    span = n2 - 1;
else if s==V(q+1),
    span = q;
else
    span = 0;
    while s>V(span+1)
        span = span+1;
    end
    span = span - 1;
end
end
j = span;
% Evaluar las funciones bases en t y s
% Nt = basisfunc(i,p,t,U);
% Ns = basisfunc(j,q,s,V);

```

```

Nt = Basisfuns(t,U,i,p+1);
Ns = Basisfuns(s,V,j,q+1);
% tind = i - p - 1;
% sind = j - q - 1;
%for j=0:k-1
% A(i,span-k+2+j) = N(j+1);
tind = i - p - 1;
sind = j - q - 1;
pt1 = zeros(size(CP,1),1);
for l = 0 : q
    for k = 0 : p
        pt1 = pt1 + Ns(l+1) * Nt(k+1) * CP(:,i-p+1+k,j-q+1+1);
    end
end
out = pt1;
return
% Fin de Programa

```

```

function plotBSplineSurface(p,q,U,V,CP,num)
% if (nargin ~= 6)
% error('Incorrecto el número de argumentos');
% end
n1 = size(CP,2);
n2 = size(CP,3);
X = zeros(num,num);
Y = zeros(num,num);
Z = zeros(num,num);
for j = 1 : num
    s = (j - 1)/(num - 1);
    for i = 1 : num
        t = (i - 1)/(num - 1);
        pt = pointonsurface(p,q,U,V,CP,t,s);
        X(i,j) = pt(1);
        Y(i,j) = pt(2);
        Z(i,j) = pt(3);
    end
end
for j = 1 : num
    for i = 1 : num
        fprintf('X=%8.4f   Y=%8.4f   Z=%8.4f\n',X(i,j),Y(i,j),Z(i,j));
    end
end
plot3(X,Y,Z,'m.','MarkerSize',4);
title('Gráfica de Superficie B-Spline');
xlabel('Eje X');ylabel('Eje Y');zlabel('Eje Z');
grid on;
m=0;
for k = 1 : num
    for l = 1 : num
        m = m+1;

```

```
        SBP(m,1) = X(k,1);  
        SBP(m,2) = Y(k,1);  
        SBP(m,3) = Z(k,1);  
    end  
end  
xlswrite('Puntos_Interp_Superf_BSplines',SBP);  
shading interp  
hold on  
% salida = [X, Y, Z];  
return  
% Fin de Programa
```



Anexo 5:

Algoritmo de obtención de puntos de Boor:

Entrada: $(m+1) \times (n+1)$ puntos datos D_{ij} y grado (p,q) ;

Salida: Una superficie B-spline de grado (p,q) que contienen todos los puntos datos;

Calcular parámetros en la dirección "u" s_0, s_1, \dots, s_m y el knot vector U;

Calcular parámetros en la dirección "v" t_0, t_1, \dots, t_n y el knot vector V;

Para $d := 0$ hasta n hacer /* Para columna d */

Inicio /* Calculando "puntos intermedios datos" Q's */

Aplicar curva de interpolación a columna d de puntos datos (i.e., $D_{0d}, D_{1d}, \dots, D_{md}$) usando grado "p"

Parámetros s_0, s_1, \dots, s_m

knot vector U

El resultado es la columna d de los "puntos datos intermedios" $Q_{0d}, Q_{1d}, \dots, Q_{md}$

Fin

Para $c := 0$ hasta m hacer /* para fila c */

Inicio /* Calculando "puntos intermedios datos" P's */

Aplicar curva de interpolación a fila c de los Q's (i.e., $Q_{c0}, Q_{c1}, \dots, Q_{cn}$) usando grado q

Parámetros t_0, t_1, \dots, t_n .

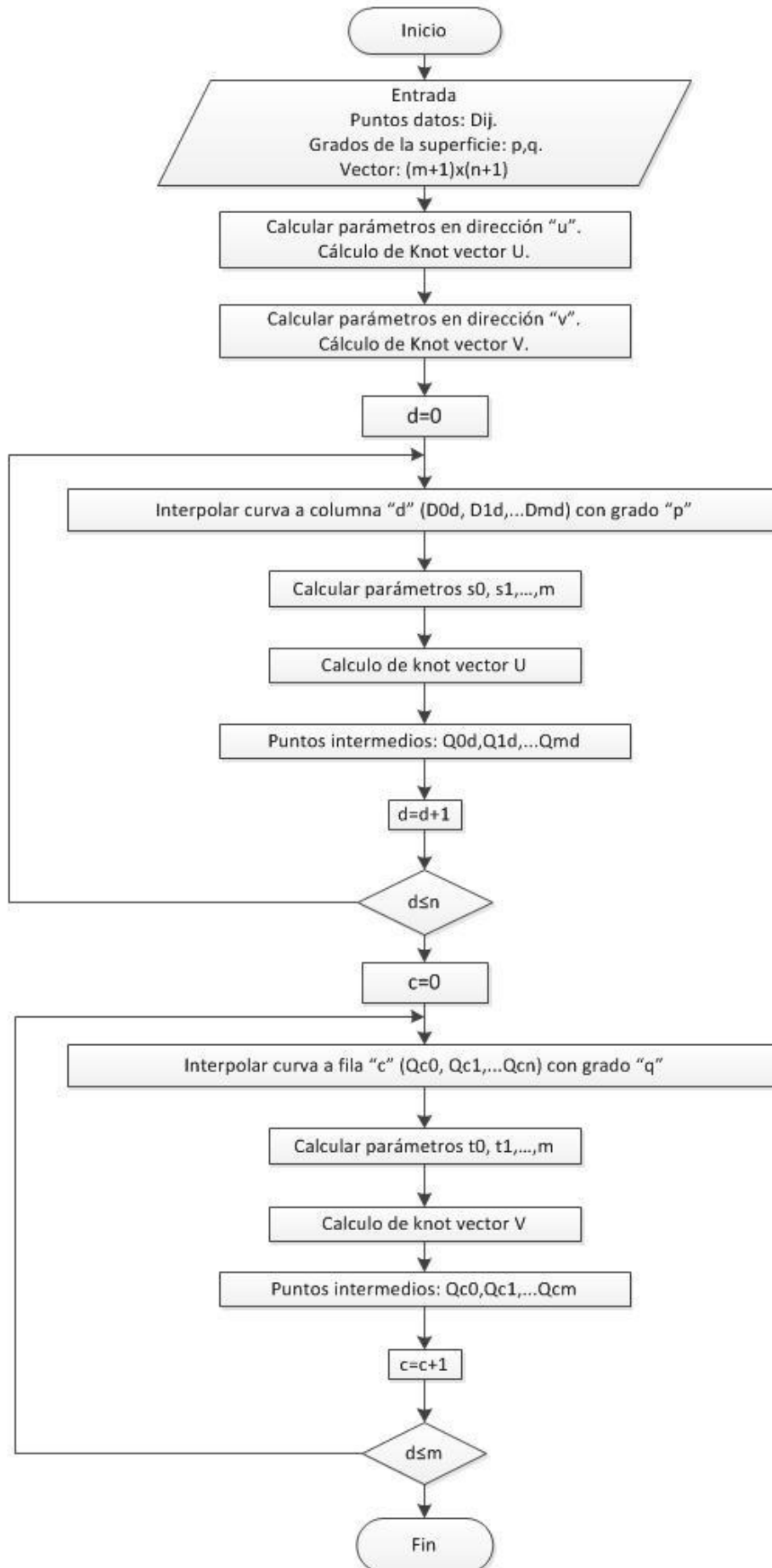
knot vector V

El resultado es la fila c de los puntos de control deseados $P_{c0}, P_{c1}, \dots, P_{cn}$

Fin

Notese que la matriz N usada en el primer ciclo no cambia cuando va de columna a columna. Por lo tanto, si se sigue fielmente el algoritmo se terminaría de resolver el sistema de ecuaciones $D = N.Q$, $(n+1)$ veces. Esto es, por supuesto, no eficiente. Para acelerar, la descomposición de N debe ser calculada antes de comenzar el primer ciclo, y la interpolación en cada iteración es simplemente una sustitución avanzada seguida por una sustitución atrasada. Similarmente, una nueva matriz N podría ser usada para el segundo ciclo. Esta descomposición debería también ser calculada antes de la segunda para comenzar. Sin hacer eso, nosotros podríamos hacer funcionar descomposiciones $(m+1)+(n+1)=m+n+2$ cuando sólo 2 podrían ser suficientes. <16>

Algoritmo de obtención de Puntos de Boor



Anexo 6:

Programa de método del cálculo de error para comparar superficie B-Spline

```

%Ingreso de datos para cálculo de error de superficie B-spline
Dx=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_X','D4:W23');
Dy=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_Y','D4:W23');
Dz=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_Z','D4:W23');
P=xlsread('Puntos_Interpolados');
Q=xlsread('Puntos_Referencias');
erroradm=0.01;
errorparche=Calculo_de_Error_General(P,Q,erroradm);
plot3(Dx,Dy,Dz,'b.','MarkerSize',12);
hold off

function out = Calculo_de_Error_General(P,Q,erroradm)
% Cálculo de Error máximo de Superficie B-Spline;
% Datos:
%     P (Matriz de puntos interpolados)
%     Q (Matriz de puntos teóricos)
%     erroradm (Error admisible)
%Salida: Error máximo de superficie B-Spline.
p = 0;
q = 0;
for i=1:3:size(Q,1)-2
    %Cálculo de Punto Q1
    for j=1:3
        Q1(j)=Q(i,j);
    end
    %Cálculo de Punto Q2
    for j=1:3
        Q2(j)=Q(i+1,j);
    end
    %Cálculo de Punto Q3
    for j=1:3
        Q3(j)=Q(i+2,j);
    end
    %Cálculo de Vector Unitario u
    A= Q2-Q1;
    u=A/norm(A);
    fprintf('ux=%8.10f   uy=%8.10f   uz=%8.10f\n',u(1),u(2),u(3));
    %Cálculo de Vector Unitario w
    B= Q3-Q1;
    N=cross(A,B);
    w=N/norm(N);
    fprintf('wx=%8.10f   wy=%8.10f   wz=%8.10f\n',w(1),w(2),w(3));
    %Cálculo de Vector Unitario v
    v=cross(w,u);

```

```

fprintf('vx=%8.10f   vy=%8.10f   vz=%8.10f\n',v(1),v(2),v(3));
fprintf('\n');
%Calculo de cuarto punto teórico (Parche Rectangular)
R=A+B;
Q4=Q1+R;
fprintf('Q4x=%8.10f   Q4y=%8.10f
Q4z=%8.10f\n',Q4(1),Q4(2),Q4(3));
Q4UV=Transformacion3D(u,v,w,Q1,Q4);
fprintf('Q4u=%8.10f   Q4v=%8.10f
Q4w=%8.10f\n',Q4UV(1),Q4UV(2),Q4UV(3));
fprintf('\n');
%Calculo de Error con Puntos Interpolados
n = 0;
for k=1:size(P,1)
    for m=1:3
        PINT(m)=P(k,m);
    end
    UVW=Transformacion3D(u,v,w,Q1,PINT);
    U=UVW(1);
    V=UVW(2);
    W=abs(UVW(3));
    if (U>0) && (V>0) && (U<=Q4UV(1)) && (V<=Q4UV(2)) && (W<erroradm)
        n=n+1;
        error(n)=W;
        fprintf('U=%8.10f   V=%8.10f   W=%8.10f\n',U,V,W);
        fprintf('\n');
        fprintf('error( %6.0f )=%8.10f \n',n,error(n));
        fprintf('\n');
        q=q+1;
        PBS(q,1) = PINT(1);
        PBS(q,2) = PINT(2);
        PBS(q,3) = PINT(3);
    end
end
if n~=0
    p=p+1;
    errorpar(p)=max(error);
    fprintf('error parche( %6.0f )=%8.10f \n',p,errorpar(p));
    fprintf('\n');
end
end
Dx=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_X','D4:W23');
Dy=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_Y','D4:W23');
Dz=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Coordenadas_Z','D4:W23');
nu=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Datos_Superficie','C6');
nv=xlsread('Datos de Entrada-
SuperficieBSplines','Datos_Superficie','C7');
for s = 1 : nv

```

```

    for t = 1 : nu
        q = q+1;
        PBS(q,1) = Dx(s,t);
        PBS(q,2) = Dy(s,t);
        PBS(q,3) = Dz(s,t);
    end
end
CAD=Ordenar_Matriz(PBS);
xlswrite('Puntos_CAD',CAD);
t=0;
for u=1:size(CAD,1)
    t=t+1;
    fprintf('Xf(%5.0f)=%8.10f   Yf(%5.0f)=%8.10f
Zf(%5.0f)=%8.10f',t,CAD(u,1),t,CAD(u,2),t,CAD(u,3));
    fprintf('\n');
end
for r=1:size(CAD,1)
    X(r) = CAD(r,1);
    Y(r) = CAD(r,2);
    Z(r) = CAD(r,3);
end
plot3(X,Y,Z,'g','MarkerSize',4);
title('Gráfica de Superficie B-Spline');
xlabel('Eje X');ylabel('Eje Y');zlabel('Eje Z');
grid on;
shading interp
hold on
if p~=0
for w=1:p
    fprintf('error parche( %6.0f )=%8.10f \n',w,errorpar(w));
end
errormaxsup=max(errorpar);
fprintf('maximo_error=%8.10f \n',errormaxsup);
fprintf('\n');
s = 0;
for i=1:3:size(Q,1)-2
    %Calculo de Punto Q1
    for j=1:3
        Q1(j)=Q(i,j);
    end
    %Calculo de Punto Q2
    for j=1:3
        Q2(j)=Q(i+1,j);
    end
    %Calculo de Punto Q3
    for j=1:3
        Q3(j)=Q(i+2,j);
    end
    %Calculo de Vector Unitario u
    A= Q2-Q1;
    u=A/norm(A);

```

```

%Calculo de Vector Unitario w
B= Q3-Q1;
N=cross(A,B);
w=N/norm(N);
%Calculo de Vector Unitario v
v=cross(w,u);
%Calculo de cuarto punto teórico (Parche Rectangular)
R=A+B;
Q4=Q1+R;
Q4UV=Transformacion3D(u,v,w,Q1,Q4);
%Calculo de Error con Puntos Interpolados
for k=1:size(CAD,1)
    for m=1:3
        PINT(m)=CAD(k,m);
    end
    UVW=Transformacion3D(u,v,w,Q1,PINT);
    U=UVW(1);
    V=UVW(2);
    W=abs(UVW(3));
    if (U>0) && (V>0) && (U<=Q4UV(1)) && (V<=Q4UV(2)) && (W==errormaxsup)
        s=s+1;
        PMAX(s,1) = PINT(1);
        PMAX(s,2) = PINT(2);
        PMAX(s,3) = PINT(3);
    end
end
end
for t=1:s
    fprintf('Xmax(%5.0f)=%8.10f    Ymax(%5.0f)=%8.10f
Zmax(%5.0f)=%8.10f',t,PMAX(t,1),t,PMAX(t,2),t,PMAX(t,3));
    fprintf('\n');
end
for t=1:s
    XM(t) = PMAX(t,1);
    YM(t) = PMAX(t,2);
    ZM(t) = PMAX(t,3);
end
plot3(XM,YM,ZM,'r.','MarkerSize',14);
shading interp
hold on
out = errormaxsup;
end
% Fin de Programa

```

```

function out = Transformacion3D(u,v,w,OC,PINT)
% Transformación a nuevo sistema de coordenadas 3D;
% Datos:
%     u (Vector Unitario-Dirección u)
%     v (Vector Unitario-Dirección v)

```

```

%      w (Vector Unitario-Dirección w)
%      OC(Nuevo origen de coordenadas)
%      PINT (Punto Interpolado)
%Salida: Vector de Puntos en nuevo sistema de coordenadas.
%Coordenadas Homogéneas del punto Interpolado
P= zeros(1,4);
for i=1:3
    P(i)=PINT(i);
end
P(4)=1;
%Traslación a nuevo origen de coordenadas;
T= zeros(4,4);
for i=1:4
    T(i,i)=1;
end
for i=1:3
    T(4,i)=-OC(i);
end
%Rotación de Nuevo Sistema de Coordenadas;
R= zeros(4,4);
for i=1:3
    R(i,1)=u(i);
end
for i=1:3
    R(i,2)=v(i);
end
for i=1:3
    R(i,3)=w(i);
end
R(4,4)=1;
%Obtención de puntos en Nuevo Sistema de Coordenadas;
PPr=P*T*R;
for i=1:3
    UVW(i)=PPr(i);
end
out=UVW;

```

```

function out = Ordenar_Matriz(PBS)
% Ordenamiento de Matriz;
% Datos:
% P (Matriz)
u=0;
for i=1:size(PBS,1)-1
    for v=1:3
        AUX1(v)=PBS(i,v);
    end
    x=0;
    for j=i+1:size(PBS,1)
        for w=1:3
            AUX2(w)=PBS(j,w);

```

```

        end
        if (AUX1==AUX2)
            x=x+1;
        end
    end
    if (x==0)
        u=u+1;
        CAD(u,1) = AUX1(1);
        CAD(u,2) = AUX1(2);
        CAD(u,3) = AUX1(3);
    end
end
for v=1:3
    AUX3(v)=PBS(size(PBS,1)-1,v);
end
for w=1:3
    AUX4(w)=PBS(size(PBS,1),w);
end
if (AUX3==AUX4)
    u=u+1;
    CAD(u,1) = AUX3(1);
    CAD(u,2) = AUX3(2);
    CAD(u,3) = AUX3(3);
else
    u=u+1;
    CAD(u,1) = AUX4(1);
    CAD(u,2) = AUX4(2);
    CAD(u,3) = AUX4(3);
end
for i=1:size(CAD,1)-1
    for j=i+1:size(CAD,1)
        if CAD(i,3)>CAD(j,3)
            AUX(1)=CAD(j,1);
            AUX(2)=CAD(j,2);
            AUX(3)=CAD(j,3);

            CAD(j,1)=CAD(i,1);
            CAD(j,2)=CAD(i,2);
            CAD(j,3)=CAD(i,3);

            CAD(i,1) = AUX(1);
            CAD(i,2) = AUX(2);
            CAD(i,3) = AUX(3);
        end
    end
end
PCAD=CAD;
for m=1:size(PCAD,1)-1
    for n=m+1:size(PCAD,1)
        if PCAD(m,3)==PCAD(n,3)
            for q=1:3

```

```
        s(q)=PCAD(m,q);
    end
    for r=1:3
        t(r)=PCAD(n,r);
    end
    w=cross(s,t);
    if w(3)<0
        AUX(1)=PCAD(n,1);
        AUX(2)=PCAD(n,2);
        AUX(3)=PCAD(n,3);

        PCAD(n,1)=PCAD(m,1);
        PCAD(n,2)=PCAD(m,2);
        PCAD(n,3)=PCAD(m,3);

        PCAD(m,1)=AUX(1);
        PCAD(m,2)=AUX(2);
        PCAD(m,3)=AUX(3);
    end
end
end
out = PCAD;
end
% Fin de Programa
```

Anexo 7:

Generación de puntos de control de parche esférico-96 puntos de control.

R (mm)	Z (mm)	φ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	R (mm)	Z (mm)	φ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
30	-29.5	180	-5.45435606	6.6824E-16	-29.5	30	-23.6	180	-18.521339	2.2691E-15	-23.6
		192	-5.33516529	-1.13402439	-29.5			192	-18.1166033	-3.85080292	-23.6
		204	-4.9828022	-2.21848647	-29.5			204	-16.9200852	-7.53330727	-23.6
		216	-4.41266674	-3.20599005	-29.5			216	-14.984078	-10.8865699	-23.6
		228	-3.64967658	-4.05337648	-29.5			228	-12.3931948	-13.7640373	-23.6
		240	-2.72717803	-4.72361091	-29.5			240	-9.26066952	-16.0399501	-23.6
		252	-1.68548872	-5.18740087	-29.5			252	-5.72340852	-17.6148402	-23.6
		264	-0.57013546	-5.42447652	-29.5			264	-1.93600711	-18.4198772	-23.6
		276	0.570135457	-5.42447652	-29.5			276	1.93600711	-18.4198772	-23.6
		288	1.685488715	-5.18740087	-29.5			288	5.72340852	-17.6148402	-23.6
		300	2.727178029	-4.72361091	-29.5			300	9.26066952	-16.0399501	-23.6
		312	3.649676576	-4.05337648	-29.5			312	12.3931948	-13.7640373	-23.6
		324	4.412666744	-3.20599005	-29.5			324	14.984078	-10.8865699	-23.6
		336	4.982802201	-2.21848647	-29.5			336	16.9200852	-7.53330727	-23.6
		348	5.335165291	-1.13402439	-29.5			348	18.1166033	-3.85080292	-23.6
		360	5.454356057	-1.3365E-15	-29.5			360	18.521339	-4.5383E-15	-23.6
R (mm)	Z (mm)	φ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	R (mm)	Z (mm)	φ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
30	-17.7	180	-24.2220973	2.96757E-15	-17.7	30	-11.8	180	-27.5818781	3.3792E-15	-11.8
		192	-23.6927864	-5.03605722	-17.7			192	-26.9791479	-5.73459491	-11.8
		204	-22.127987	-9.85201456	-17.7			204	-25.1972995	-11.2185605	-11.8
		216	-19.5960884	-14.2373916	-17.7			216	-22.3142081	-16.2122212	-11.8
		228	-16.2077467	-18.0005263	-17.7			228	-18.4558788	-20.49733	-11.8
		240	-12.1110487	-20.9769516	-17.7			240	-13.7909391	-23.8866071	-11.8
		252	-7.48503972	-23.0365835	-17.7			252	-8.52326907	-26.2319249	-11.8
		264	-2.53189861	-24.0894062	-17.7			264	-2.88309133	-27.4307817	-11.8
		276	2.531898613	-24.0894062	-17.7			276	2.88309133	-27.4307817	-11.8
		288	7.48503972	-23.0365835	-17.7			288	8.52326907	-26.2319249	-11.8
		300	12.11104867	-20.9769516	-17.7			300	13.7909391	-23.8866071	-11.8
		312	16.20774669	-18.0005263	-17.7			312	18.4558788	-20.49733	-11.8
		324	19.5960884	-14.2373916	-17.7			324	22.3142081	-16.2122212	-11.8
		336	22.12798701	-9.85201456	-17.7			336	25.1972995	-11.2185605	-11.8
		348	23.69278641	-5.03605722	-17.7			348	26.9791479	-5.73459491	-11.8
		360	24.22209735	-5.9351E-15	-17.7			360	27.5818781	-6.7584E-15	-11.8
R (mm)	Z (mm)	φ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	R (mm)	Z (mm)	φ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
30	-5.9	180	-29.4141123	3.60367E-15	-5.9	30	0	180	-30	3.67545E-15	0
		192	-28.7713433	-6.11553781	-5.9			192	-29.344428	-6.23735072	0
		204	-26.8711286	-11.9637973	-5.9			204	-27.4063637	-12.2020993	0
		216	-23.7965167	-17.2891814	-5.9			216	-24.2705098	-17.6335576	0
		228	-19.6818828	-21.8589453	-5.9			228	-20.0739182	-22.2943448	0
		240	-14.7070561	-25.4733684	-5.9			240	-15	-25.9807621	0
		252	-9.08946056	-27.9744831	-5.9			252	-9.27050983	-28.5316955	0
		264	-3.07461195	-29.2529787	-5.9			264	-3.1358539	-29.8356569	0
		276	3.07461195	-29.2529787	-5.9			276	3.1358539	-29.8356569	0
		288	9.08946056	-27.9744831	-5.9			288	9.27050983	-28.5316955	0
		300	14.7070561	-25.4733684	-5.9			300	15	-25.9807621	0
		312	19.6818828	-21.8589453	-5.9			312	20.0739182	-22.2943448	0
		324	23.7965167	-17.2891814	-5.9			324	24.2705098	-17.6335576	0
		336	26.8711286	-11.9637973	-5.9			336	27.4063637	-12.2020993	0
		348	28.7713433	-6.11553781	-5.9			348	29.344428	-6.23735072	0
		360	29.4141123	-7.2073E-15	-5.9			360	30	-7.3509E-15	0

Anexo 8:

Ingreso de coordenadas de puntos de control del parche esférico – 96 puntos de control.

X (mm)	-5.45435606	-5.33516529	-4.9828022	-4.41266674	-3.64967658	-2.72717803	-1.68548872	-0.57013546	0.57013546	1.68548872	2.72717802	3.64967658	4.41266674	4.98280220	5.33516529	5.45435605
	-18.521339	-18.1166033	-16.9200852	-14.984078	-12.3931948	-9.26066952	-5.72340852	-1.93600711	1.93600711	5.72340852	9.26066952	12.3931948	14.984078	16.9200851	18.1166033	18.5213390
	-24.2220973	-23.6927864	-22.127987	-19.5960884	-16.2077467	-12.1110487	-7.48503972	-2.53189861	2.53189861	7.48503972	12.1110486	16.2077467	19.5960884	22.1279870	23.6927864	24.2220973
	-27.5818781	-26.9791479	-25.1972995	-22.3142081	-18.4558788	-13.7909391	-8.52326907	-2.88309133	2.88309133	8.52326907	13.7909390	18.4558788	22.3142081	25.1972994	26.9791479	27.5818781
	-29.4141123	-28.7713433	-26.8711286	-23.7965167	-19.6818828	-14.7070561	-9.08946056	-3.07461195	3.07461195	9.08946056	14.7070561	19.6818828	23.7965167	26.8711286	28.7713433	29.4141122
	-30	-29.344428	-27.4063637	-24.2705098	-20.0739182	-15	-9.27050983	-3.1358539	3.1358539	9.27050983	15	20.0739182	24.2705098	27.4063637	29.3444280	30
Y (mm)	6.6824E-16	-1.13402439	-2.21848647	-3.20599005	-4.05337648	-4.72361091	-5.18740087	-5.42447652	-5.42447652	-5.18740087	-4.72361091	-4.05337648	-3.20599005	-2.21848647	-1.13402439	-1.3364E-15
	2.26914E-15	-3.85080292	-7.53330727	-10.8865699	-13.7640373	-16.0399501	-17.6148402	-18.4198772	-18.4198772	-17.6148402	-16.0399501	-13.7640373	-10.8865699	-7.53330727	-3.85080291	-4.5382E-15
	2.96757E-15	-5.03605722	-9.85201456	-14.2373916	-18.0005263	-20.9769516	-23.0365835	-24.0894062	-24.0894062	-23.0365835	-20.9769516	-18.0005263	-14.2373916	-9.85201456	-5.03605721	-5.9351E-15
	3.37919E-15	-5.73459491	-11.2185605	-16.2122212	-20.49733	-23.8866071	-26.2319249	-27.4307817	-27.4307817	-26.2319249	-23.8866071	-20.49733	-16.2122212	-11.2185605	-5.73459491	-6.7583E-15
	3.60367E-15	-6.11553781	-11.9637973	-17.2891814	-21.8589453	-25.4733684	-27.9744831	-29.2529787	-29.2529787	-27.9744831	-25.4733684	-21.8589453	-17.2891814	-11.9637973	-6.11553781	-7.2073E-15
	3.67545E-15	-6.23735072	-12.2020993	-17.6335576	-22.2943448	-25.9807621	-28.5316955	-29.8356569	-29.8356569	-28.5316955	-25.9807621	-22.2943448	-17.6335576	-12.2020993	-6.23735072	-7.3508E-15
Z (mm)	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5
	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6
	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7
	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8	-11.8
	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 9:

Generación de puntos de control de parche esférico-64 puntos de control.

R (mm)	Z (mm)	ϕ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	R (mm)	Z (mm)	ϕ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
30	-29.5	180	-5.45435606	6.6824E-16	-29.5	30	-25.6	180	-15.6953992	1.92292E-15	-25.6
		192	-5.33516529	-1.13402439	-29.5			192	-15.3524171	-3.26325698	-25.6
		204	-4.9828022	-2.21848647	-29.5			204	-14.3384606	-6.38389398	-25.6
		216	-4.41266674	-3.20599005	-29.5			216	-12.6978447	-9.22552417	-25.6
		228	-3.64967658	-4.05337648	-29.5			228	-10.502272	-11.6639547	-25.6
		240	-2.72717803	-4.72361091	-29.5			240	-7.84769959	-13.5926144	-25.6
		252	-1.68548872	-5.18740087	-29.5			252	-4.85014508	-14.9272117	-25.6
		264	-0.57013546	-5.42447652	-29.5			264	-1.64061596	-15.6094181	-25.6
		276	0.570135457	-5.42447652	-29.5			276	1.64061596	-15.6094181	-25.6
		288	1.685488715	-5.18740087	-29.5			288	4.85014508	-14.9272117	-25.6
		300	2.727178029	-4.72361091	-29.5			300	7.84769959	-13.5926144	-25.6
		312	3.649676576	-4.05337648	-29.5			312	10.502272	-11.6639547	-25.6
		324	4.412666744	-3.20599005	-29.5			324	12.6978447	-9.22552417	-25.6
		336	4.982802201	-2.21848647	-29.5			336	14.3384606	-6.38389398	-25.6
		348	5.335165291	-1.13402439	-29.5			348	15.3524171	-3.26325698	-25.6
		360	5.454356057	-1.3365E-15	-29.5			360	15.6953992	-3.8458E-15	-25.6
R (mm)	Z (mm)	ϕ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	R (mm)	Z (mm)	ϕ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
30	-27.5	180	-11.9128316	1.4595E-15	-27.5	30	-23.6	180	-18.521339	2.26914E-15	-23.6
		192	-11.6525076	-2.47681695	-27.5			192	-18.1166033	-3.85080292	-23.6
		204	-10.8829132	-4.84538511	-27.5			204	-16.9200852	-7.53330727	-23.6
		216	-9.63768318	-7.0021867	-27.5			216	-14.984078	-10.8865699	-23.6
		228	-7.9712402	-8.85295912	-27.5			228	-12.3931948	-13.7640373	-23.6
		240	-5.95641578	-10.3168148	-27.5			240	-9.26066952	-16.0399501	-23.6
		252	-3.6812674	-11.3297761	-27.5			252	-5.72340852	-17.6148402	-23.6
		264	-1.24522998	-11.8475718	-27.5			264	-1.93600711	-18.4198772	-23.6
		276	1.245229975	-11.8475718	-27.5			276	1.93600711	-18.4198772	-23.6
		288	3.6812674	-11.3297761	-27.5			288	5.72340852	-17.6148402	-23.6
		300	5.956415775	-10.3168148	-27.5			300	9.26066952	-16.0399501	-23.6
		312	7.971240199	-8.85295912	-27.5			312	12.3931948	-13.7640373	-23.6
		324	9.637683176	-7.0021867	-27.5			324	14.984078	-10.8865699	-23.6
		336	10.88291315	-4.84538511	-27.5			336	16.9200852	-7.53330727	-23.6
		348	11.6525076	-2.47681695	-27.5			348	18.1166033	-3.85080292	-23.6
		360	11.91283155	-2.919E-15	-27.5			360	18.521339	-4.5383E-15	-23.6

Anexo 10:

Ingreso de coordenadas de puntos de control del parche esférico – 64 puntos de control.

X (mm)	-5.45435606	-5.33516529	-4.9828022	-4.41266674	-3.64967658	-2.72717803	-1.68548872	-0.57013546	0.57013546	1.68548872	2.72717802	3.64967658	4.41266674	4.98280220	5.33516529	5.45435605
	-18.521339	-18.1166033	-16.9200852	-14.984078	-12.3931948	-9.26066952	-5.72340852	-1.93600711	1.93600711	5.72340852	9.26066952	12.3931948	14.984078	16.9200851	18.1166033	18.5213390
	-24.2220973	-23.6927864	-22.127987	-19.5960884	-16.2077467	-12.1110487	-7.48503972	-2.53189861	2.53189861	7.48503972	12.1110486	16.2077467	19.5960884	22.1279870	23.6927864	24.2220973
	-30	-29.344428	-27.4063637	-24.2705098	-20.0739182	-15	-9.27050983	-3.1358539	3.1358539	9.27050983	15	20.0739182	24.2705098	27.4063637	29.3444280	30
Y (mm)	6.6824E-16	-1.13402439	-2.21848647	-3.20599005	-4.05337648	-4.72361091	-5.18740087	-5.42447652	-5.42447652	-5.18740087	-4.72361091	-4.05337648	-3.20599005	-2.21848647	-1.13402439	-1.3364E-15
	2.26914E-15	-3.85080292	-7.53330727	-10.8865699	-13.7640373	-16.0399501	-17.6148402	-18.4198772	-18.4198772	-17.6148402	-16.0399501	-13.7640373	-10.8865699	-7.53330727	-3.85080291	-4.5382E-15
	3.60367E-15	-6.11553781	-11.9637973	-17.2891814	-21.8589453	-25.4733684	-27.9744831	-29.2529787	-29.2529787	-27.9744831	-25.4733684	-21.8589453	-17.2891814	-11.9637973	-6.11553781	-7.2073E-15
	3.67545E-15	-6.23735072	-12.2020993	-17.6335576	-22.2943448	-25.9807621	-28.5316955	-29.8356569	-29.8356569	-28.5316955	-25.9807621	-22.2943448	-17.6335576	-12.2020993	-6.23735072	-7.3508E-15
Z (mm)	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5	-29.5
	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6
	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 11:

Generación de puntos de control de parche cilíndrico-64 puntos de control.

R (mm)	Z (mm)	ϕ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	R (mm)	Z (mm)	ϕ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
30	5	180	-30	3.6754E-15	5	30	15	180	-30	3.6754E-15	15
		192	-29.344428	-6.2373507	5			192	-29.344428	-6.2373507	15
		204	-27.406363	-12.202099	5			204	-27.406363	-12.202099	15
		216	-24.270509	-17.633557	5			216	-24.270509	-17.633557	15
		228	-20.073918	-22.294344	5			228	-20.073918	-22.294344	15
		240	-15	-25.980762	5			240	-15	-25.980762	15
		252	-9.2705098	-28.531695	5			252	-9.2705098	-28.531695	15
		264	-3.1358539	-29.835656	5			264	-3.1358539	-29.835656	15
		276	3.1358538	-29.835656	5			276	3.1358538	-29.835656	15
		288	9.2705098	-28.531695	5			288	9.2705098	-28.531695	15
		300	15	-25.980762	5			300	15	-25.980762	15
		312	20.073918	-22.294344	5			312	20.073918	-22.294344	15
		324	24.270509	-17.633557	5			324	24.270509	-17.633557	15
		336	27.406363	-12.202099	5			336	27.406363	-12.202099	15
		348	29.344428	-6.2373507	5			348	29.344428	-6.2373507	15
		360	30	-7.350E-15	5			360	30	-7.350E-15	15
R (mm)	Z (mm)	ϕ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	R (mm)	Z (mm)	ϕ (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
30	25	180	-30	3.6754E-15	25	30	40	180	-30	3.6754E-15	40
		192	-29.344428	-6.2373507	25			192	-29.344428	-6.2373507	40
		204	-27.406363	-12.202099	25			204	-27.406363	-12.202099	40
		216	-24.270509	-17.633557	25			216	-24.270509	-17.633557	40
		228	-20.073918	-22.294344	25			228	-20.073918	-22.294344	40
		240	-15	-25.980762	25			240	-15	-25.980762	40
		252	-9.2705098	-28.531695	25			252	-9.2705098	-28.531695	40
		264	-3.1358539	-29.835656	25			264	-3.1358539	-29.835656	40
		276	3.1358538	-29.835656	25			276	3.1358538	-29.835656	40
		288	9.2705098	-28.531695	25			288	9.2705098	-28.531695	40
		300	15	-25.980762	25			300	15	-25.980762	40
		312	20.073918	-22.294344	25			312	20.073918	-22.294344	40
		324	24.270509	-17.633557	25			324	24.270509	-17.633557	40
		336	27.406363	-12.202099	25			336	27.406363	-12.202099	40
		348	29.344428	-6.2373507	25			348	29.344428	-6.2373507	40
		360	30	-7.350E-15	25			360	30	-7.350E-15	40

Anexo 12:

Ingreso de coordenadas de puntos de control del parche cilíndrico – 64 puntos de control.

X (mm)	-30	-29.344428	-27.4063637	-24.2705098	-20.0739182	-15	-9.27050983	-3.1358539	3.1358539	9.27050983	15	20.0739182	24.2705098	27.4063637	29.3444280	30
	-30	-29.344428	-27.4063637	-24.2705098	-20.0739182	-15	-9.27050983	-3.1358539	3.1358539	9.27050983	15	20.0739182	24.2705098	27.4063637	29.3444280	30
	-30	-29.344428	-27.4063637	-24.2705098	-20.0739182	-15	-9.27050983	-3.1358539	3.1358539	9.27050983	15	20.0739182	24.2705098	27.4063637	29.3444280	30
	-30	-29.344428	-27.4063637	-24.2705098	-20.0739182	-15	-9.27050983	-3.1358539	3.1358539	9.27050983	15	20.0739182	24.2705098	27.4063637	29.3444280	30
Y (mm)	3.67545E-15	-6.23735072	-12.2020993	-17.6335576	-22.2943448	-25.9807621	-28.5316955	-29.8356569	-29.8356569	-28.5316955	-25.9807621	-22.2943448	-17.6335576	-12.2020993	-6.23735072	-7.3509E-15
	3.67545E-15	-6.23735072	-12.2020993	-17.6335576	-22.2943448	-25.9807621	-28.5316955	-29.8356569	-29.8356569	-28.5316955	-25.9807621	-22.2943448	-17.6335576	-12.2020993	-6.23735072	-7.3509E-15
	3.67545E-15	-6.23735072	-12.2020993	-17.6335576	-22.2943448	-25.9807621	-28.5316955	-29.8356569	-29.8356569	-28.5316955	-25.9807621	-22.2943448	-17.6335576	-12.2020993	-6.23735072	-7.3509E-15
	3.67545E-15	-6.23735072	-12.2020993	-17.6335576	-22.2943448	-25.9807621	-28.5316955	-29.8356569	-29.8356569	-28.5316955	-25.9807621	-22.2943448	-17.6335576	-12.2020993	-6.23735072	-7.3509E-15
Z (mm)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Anexo 13:

Generación de puntos de control de parche cónico-64 puntos de control.

H (mm)	ϕ (°)	Z (mm)	α (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	H (mm)	ϕ (°)	Z (mm)	α (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
100	30	12.5	180	-7.21687836	8.8417E-16	12.5	100	30	42	180	-24.2487113	2.9708E-15	42
			192	-7.05917226	-1.50047338	12.5				192	-23.7188188	-5.04159057	42
			204	-6.59294645	-2.93536888	12.5				204	-22.1523001	-9.86283944	42
			216	-5.83857724	-4.24197467	12.5				216	-19.6176195	-14.2530349	42
			228	-4.8290342	-5.36318581	12.5				228	-16.2255549	-18.0203043	42
			240	-3.60843918	-6.25	12.5				240	-12.1243557	-21	42
			252	-2.23013806	-6.8636592	12.5				252	-7.49326389	-23.0618949	42
			264	-0.75436921	-7.17734355	12.5				264	-2.53468053	-24.1158743	42
			276	0.75436921	-7.17734355	12.5				276	2.53468053	-24.1158743	42
			288	2.23013806	-6.8636592	12.5				288	7.49326389	-23.0618949	42
			300	3.60843918	-6.25	12.5				300	12.1243557	-21	42
			312	4.8290342	-5.36318581	12.5				312	16.2255549	-18.0203043	42
			324	5.83857724	-4.24197467	12.5				324	19.6176195	-14.2530349	42
			336	6.59294645	-2.93536888	12.5				336	22.1523001	-9.86283944	42
			348	7.05917226	-1.50047338	12.5				348	23.7188188	-5.04159057	42
			360	7.21687836	-1.7683E-15	12.5				360	24.2487113	-5.9417E-15	42

H (mm)	ϕ (°)	Z (mm)	α (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	H (mm)	ϕ (°)	Z (mm)	α (°)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
100	30	70	180	-40.4145188	4.9514E-15	70	100	30	98.5	180	-56.8690015	6.9673E-15	98.5
			192	-39.5313646	-8.40265095	70				192	-55.6262774	-11.8237303	98.5
			204	-36.9205001	-16.4380657	70				204	-51.952418	-23.1307068	98.5
			216	-32.6960326	-23.7550582	70				216	-46.0079887	-33.4267604	98.5
			228	-27.0425915	-30.0338406	70				228	-38.0527895	-42.2619042	98.5
			240	-20.2072594	-35	70				240	-28.4345008	-49.25	98.5
			252	-12.4887731	-38.4364915	70				252	-17.5734879	-54.0856345	98.5
			264	-4.22446755	-40.1931239	70				264	-5.94442934	-56.5574672	98.5
			276	4.22446755	-40.1931239	70				276	5.94442934	-56.5574672	98.5
			288	12.4887731	-38.4364915	70				288	17.5734879	-54.0856345	98.5
			300	20.2072594	-35	70				300	28.4345008	-49.25	98.5
			312	27.0425915	-30.0338406	70				312	38.0527895	-42.2619042	98.5
			324	32.6960326	-23.7550582	70				324	46.0079887	-33.4267604	98.5
			336	36.9205001	-16.4380657	70				336	51.952418	-23.1307068	98.5
			348	39.5313646	-8.40265095	70				348	55.6262774	-11.8237303	98.5
			360	40.4145188	-9.9028E-15	70				360	56.8690015	-1.3935E-14	98.5

Anexo 14:

Ingreso de coordenadas de puntos de control del parche cónico – 64 puntos de control.

X (mm)	-7.21687836	-7.05917226	-6.59294645	-5.83857724	-4.8290342	-3.60843918	-2.23013806	-0.75436921	0.75436921	2.23013806	3.60843918	4.8290342	5.83857724	6.59294645	7.05917225	7.21687836
	-24.2487113	-23.7188188	-22.1523001	-19.6176195	-16.2255549	-12.1243557	-7.49326389	-2.53468053	2.53468053	7.49326389	12.1243557	16.2255549	19.6176195	22.1523001	23.7188187	24.2487113
	-40.4145188	-39.5313646	-36.9205001	-32.6960326	-27.0425915	-20.2072594	-12.4887731	-4.22446755	4.22446755	12.4887731	20.2072594	27.0425915	32.6960326	36.9205001	39.5313646	40.4145188
	-56.8690015	-55.6262774	-51.952418	-46.0079887	-38.0527895	-28.4345008	-17.5734879	-5.94442934	5.94442934	17.5734879	28.4345008	38.0527895	46.0079887	51.952418	55.6262773	56.8690015
Y (mm)	8.8417E-16	-1.50047338	-2.93536888	-4.24197467	-5.36318581	-6.25	-6.8636592	-7.17734355	-7.17734355	-6.8636592	-6.25	-5.36318581	-4.24197467	-2.93536888	-1.50047338	-1.7683E-15
	2.9708E-15	-5.04159057	-9.86283944	-14.2530349	-18.0203043	-21	-23.0618949	-24.1158743	-24.1158743	-23.0618949	-21	-18.0203043	-14.2530349	-9.86283944	-5.04159056	-5.9417E-15
	4.9514E-15	-8.40265095	-16.4380657	-23.7550582	-30.0338406	-35	-38.4364915	-40.1931239	-40.1931239	-38.4364915	-35	-30.0338406	-23.7550582	-16.4380657	-8.40265094	-9.9028E-15
	6.9673E-15	-11.8237303	-23.1307068	-33.4267604	-42.2619042	-49.25	-54.0856345	-56.5574672	-56.5574672	-54.0856345	-49.25	-42.2619042	-33.4267604	-23.1307068	-11.8237302	-1.3935E-14
Z (mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5

Anexo 15:

Programas para calcular los puntos de control digitalizados en modelo maquinado 1

```
%Formación de puntos digitalizados de modelo 1 y parches respectivos.
PM1=xlsread('Puntos de Modelo 1');
Puntos_Digitalizados_Modelo1(PM1);
hold off
```

```
function out=Puntos_Digitalizados_Modelo1(PM1)
% Obtención de puntos de la superficie de modelo 1.
p=1;
for i=1:size(PM1,1)
    X(p) = PM1(p,1);
    Y(p) = PM1(p,2);
    Z(p) = PM1(p,3);
    fprintf('Xf=%8.4f   Yf=%8.4f   Zf=%8.4f\n',X(p),Y(p),Z(p));
    fprintf('\n');
    p=p+1;
end
plot3(X,Y,Z,'m.','MarkerSize',4);
title('Gráfica de Modelo 1');
xlabel('Eje X');ylabel('Eje Y');zlabel('Eje Z');
grid on;
shading interp
hold on
r=xlsread('Nivel');
k=size(r,1);
PDIG=PM1;
fprintf('niveles=%8.0f\n',k);
fprintf('\n');
for j=1:k
    fprintf('r(%8.0f)=%8.0f\n',j,r(j));
    fprintf('\n');
end
q=0;
for i=1:k-2
    if i==1
        c=0;
        for a=1:r(1)-1
            q=q+1;
            PARM1(q,1)=PDIG(a,1);
            PARM1(q,2)=PDIG(a,2);
            PARM1(q,3)=PDIG(a,3);

            q=q+1;
            PARM1(q,1)=PDIG(a+1,1);
            PARM1(q,2)=PDIG(a+1,2);
            PARM1(q,3)=PDIG(a+1,3);
```

```

    q=q+1;
    c=c+1
    PARM1(q,1)=PDIG(r(1)+c,1);
    PARM1(q,2)=PDIG(r(1)+c,2);
    PARM1(q,3)=PDIG(r(1)+c,3);
    end
  en
  if i~=1
    c=0;
    for a=r(i-1)+1:r(i)-1
      q=q+1;
      PARM1(q,1)=PDIG(a,1);
      PARM1(q,2)=PDIG(a,2);
      PARM1(q,3)=PDIG(a,3);

      q=q+1;
      PARM1(q,1)=PDIG(a+1,1);
      PARM1(q,2)=PDIG(a+1,2);
      PARM1(q,3)=PDIG(a+1,3);

      q=q+1;
      c=c+1;
      PARM1(q,1)=PDIG(c+r(i),1);
      PARM1(q,2)=PDIG(c+r(i),2);
      PARM1(q,3)=PDIG(c+r(i),3)
    end
  end
end
c=0;
for a=r(17)+1:r(18)-1
  q=q+1;
  PARM1(q,1)=PDIG(a,1);
  PARM1(q,2)=PDIG(a,2);
  PARM1(q,3)=PDIG(a,3);
  q=q+1;
  PARM1(q,1)=PDIG(a+1,1);
  PARM1(q,2)=PDIG(a+1,2);
  PARM1(q,3)=PDIG(a+1,3);
  q=q+1;
  c=c+1;
  if r(18)+c<r(19)
    PARM1(q,1)=PDIG(r(18)+c,1);
    PARM1(q,2)=PDIG(r(18)+c,2);
    PARM1(q,3)=PDIG(r(18)+c,3);
  end
end
for i=k:-1:2
  c=0;
  for a=r(i):-1:r(i-1)+2
    q=q+1;

```

```

    PARM1(q,1)=PDIG(a,1);
    PARM1(q,2)=PDIG(a,2);
    PARM1(q,3)=PDIG(a,3);

    q=q+1;
    PARM1(q,1)=PDIG(a-1,1);
    PARM1(q,2)=PDIG(a-1,2);
    PARM1(q,3)=PDIG(a-1,3);

    q=q+1;
    c=c+1;
    PARM1(q,1)=PDIG(r(i-1)+1-c,1);
    PARM1(q,2)=PDIG(r(i-1)+1-c,2);
    PARM1(q,3)=PDIG(r(i-1)+1-c,3);
    end
end
xlswrite('Parches_de_Modelo_1',PARM1);
out=PARM1;

% Ingreso de datos para determinar puntos de control del modelo 1.
nu=16;
nv=8;
PBS=xlsread('Puntos de Modelo 1');
PCONT=Puntos_de_Control_Mod1(PBS,nu,nv);

function out = Puntos_de_Control_Mod1(PCAD,nu,nv)
% Ordenamiento de Matriz;
% Datos:
% P (Matriz)
r=xlsread('Nivel');
k=size(r,1);
fprintf('niveles=%8.0f\n',k);
fprintf('\n');
for j=1:k
    fprintf('r(%8.0f)=%8.0f\n',j,r(j));
    fprintf('\n');
end
n=0;
m= round((k-1)/(nv-1));
fprintf('m=%8.0f\n',m);
fprintf('\n');
for t=1:r(1)
    n=n+1;
    PCAUX(n,1)=PCAD(t,1);
    PCAUX(n,2)=PCAD(t,2);
    PCAUX(n,3)=PCAD(t,3);
end
p=1;
u(p)=n;

```

```

for s=1+m:m:m*(nv-2)+1
    if s>k-1
        for t=r(k-2)+1:r(k-1)
            n=n+1;
            PCAUX(n,1)=PCAD(t,1);
            PCAUX(n,2)=PCAD(t,2);
            PCAUX(n,3)=PCAD(t,3);
        end
        p=p+1;
        u(p)=n;
    end
    for t=r(s-1)+1:r(s)
        n=n+1;
        PCAUX(n,1)=PCAD(t,1);
        PCAUX(n,2)=PCAD(t,2);
        PCAUX(n,3)=PCAD(t,3);
    end
    p=p+1;
    u(p)=n;
end
for t=r(k-1)+1:r(k)
    n=n+1;
    PCAUX(n,1)=PCAD(t,1);
    PCAUX(n,2)=PCAD(t,2);
    PCAUX(n,3)=PCAD(t,3);
end
p=p+1;
u(p)=n;
fprintf('niveles=%8.0f\n',p);
fprintf('\n');
for w=1:p
    fprintf('u(%8.0f)=%8.0f\n',w,u(w));
    fprintf('\n');
end
PCONT(1,1)=PCAUX(1,1);
PCONT(1,2)=PCAUX(1,2);
PCONT(1,3)=PCAUX(1,3);
distot=0;
for l=1:u(1)-1
    cds= sqrt((PCAUX(l+1,1)-PCAUX(l,1))^2+(PCAUX(l+1,2)-
PCAUX(l,2))^2+(PCAUX(l+1,3)-PCAUX(l,3))^2);
    distot = cds + distot;
end
distpar=distot/(nu-1);
fprintf('Distancia total=%8.6f\n',distot);
fprintf('\n');
fprintf('Distancia parcial=%8.6f\n',distpar);
fprintf('\n');
q=1;
daux=0;
b=1;

```

```

for a=1:u(1)-1
    cdsaux= sqrt((PCAUX(a+1,1)-PCAUX(a,1))^2+(PCAUX(a+1,2)-
PCAUX(a,2))^2+(PCAUX(a+1,3)-PCAUX(a,3))^2);
    daux = cdsaux + daux;
    if (daux>=distpar*b)&&(b~=nu-1)
        q=q+1;
        PCONT(q,1)=PCAUX(a,1);
        PCONT(q,2)=PCAUX(a,2);
        PCONT(q,3)=PCAUX(a,3);
        fprintf('Distancia auxiliar(%8.0f)=%8.6f\n',q,daux);
        fprintf('\n');
        b=b+1;
    end
end
q=q+1;
PCONT(q,1)=PCAUX(u(1),1);
PCONT(q,2)=PCAUX(u(1),2);
PCONT(q,3)=PCAUX(u(1),3);
for z=2:p
    q=q+1;
    PCONT(q,1)=PCAUX(u(z-1)+1,1);
    PCONT(q,2)=PCAUX(u(z-1)+1,2);
    PCONT(q,3)=PCAUX(u(z-1)+1,3);
    distotl=0;
    for l=u(z-1)+1:u(z)-1
        cds1= sqrt((PCAUX(l+1,1)-PCAUX(l,1))^2+(PCAUX(l+1,2)-
PCAUX(l,2))^2+(PCAUX(l+1,3)-PCAUX(l,3))^2);
        distotl = cds1 + distotl;
    end
    distparl=distotl/(nu-1);
    dauxl=0;
    fprintf('Distancia total=%8.6f\n',distotl);
    fprintf('\n');
    fprintf('Distancia parcial=%8.6f\n',distparl);
    fprintf('\n');
    b=1;
    for a=u(z-1)+1:u(z)-1
        cdsaux1= sqrt((PCAUX(a+1,1)-PCAUX(a,1))^2+(PCAUX(a+1,2)-
PCAUX(a,2))^2+(PCAUX(a+1,3)-PCAUX(a,3))^2);
        daux1 = cdsaux1 + daux1;
        if (daux1>=distparl*b)&&(b~=nu-1)
            q=q+1;
            PCONT(q,1)=PCAUX(a,1);
            PCONT(q,2)=PCAUX(a,2);
            PCONT(q,3)=PCAUX(a,3);
            fprintf('Distancia auxiliar(%8.0f)=%8.6f\n',q,daux1);
            fprintf('\n');
            b=b+1;
        end
    end
end
q=q+1;
PCONT(q,1)=PCAUX(u(z),1);

```

```

    PCONT(q,2)=PCAUX(u(z),2);
    PCONT(q,3)=PCAUX(u(z),3);
end
p=0;
for q=1:size(PCONT,1)
    p=p+1;
    X(p) = PCONT(q,1);
    Y(p) = PCONT(q,2);
    Z(p) = PCONT(q,3);
    fprintf('Xc=%8.4f   Yc=%8.4f   Zc=%8.4f\n',X(p),Y(p),Z(p));
    fprintf('\n');
end
xlswrite('Puntos_Control_Auxiliar',PCONT);
plot3(X,Y,Z,'b.','MarkerSize',12);
title('Gráfica de Puntos de Control');
xlabel('Eje X');ylabel('Eje Y');zlabel('Eje Z');
grid on;
shading interp
hold on
p=0;
for i=1:nv
    for j=1:nu
        p=p+1;
        Dx(i,j)=X(p);
        Dy(i,j)=Y(p);
        Dz(i,j)=Z(p);
    end
end
xlswrite('Puntos_Control',Dx,'Coordenadas_X','D4:W25');
xlswrite('Puntos_Control',Dy,'Coordenadas_Y','D4:W25');
xlswrite('Puntos_Control',Dz,'Coordenadas_Z','D4:W25');
out=PCONT;
end
% Fin de Programa

```

Anexo 16:

Ingreso de coordenadas de puntos de control del modelo maquinado 1 – 128 puntos de control.

Parámetros de Superficie B-Spline

Grado de la Superficie (Dirección "u ")=	6
Grado de la Superficie (Dirección "v ")=	6
Número de puntos de control (Dirección "u ")=	16
Número de puntos de control (Dirección "v")=	8
Número de puntos a interpolar ("num")=	100

Medidas en milímetros.

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	63.40	63.81	64.85	66.51	68.66	71.31	74.24	77.39	80.49	83.65	86.46	89.25	91.40	93.08	94.16	94.70
2	62.30	62.71	63.74	65.25	67.28	69.71	72.46	75.37	78.43	81.40	84.08	86.53	88.58	90.06	91.14	91.60
3	55.90	56.29	57.09	58.53	60.33	62.48	64.86	67.50	70.19	72.81	75.25	77.46	79.30	80.78	81.69	82.10
4	45.90	46.25	46.94	48.09	49.54	51.37	53.32	55.53	57.61	59.71	61.80	63.58	65.08	66.27	67.01	67.30
5	32.70	32.92	33.43	34.22	35.24	36.51	37.93	39.43	40.99	42.54	43.91	45.22	46.29	47.06	47.60	47.80
6	17.00	17.15	17.41	17.82	18.33	18.99	19.74	20.54	21.34	22.07	22.87	23.48	24.04	24.48	24.74	24.90
7	5.70	5.80	5.89	6.03	6.21	6.42	6.67	6.93	7.19	7.47	7.72	7.93	8.12	8.26	8.34	8.50
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

Medidas en milímetros

Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
2	15.54	15.71	15.97	16.35	16.84	17.46	18.15	18.88	19.63	20.38	21.05	21.66	22.17	22.54	22.81	22.99
3	32.25	32.50	32.97	33.80	34.83	36.08	37.45	38.98	40.53	42.04	43.45	44.72	45.78	46.63	47.16	47.42
4	45.95	46.26	46.95	48.09	49.54	51.38	53.32	55.53	57.61	59.71	61.80	63.58	65.07	66.27	67.01	67.34
5	56.68	57.01	57.90	59.26	61.03	63.23	65.70	68.29	70.99	73.67	76.06	78.32	80.18	81.51	82.43	82.83
6	63.61	63.99	64.95	66.48	68.39	70.84	73.67	76.63	79.63	82.38	85.35	87.63	89.73	91.36	92.35	92.76
7	65.82	66.22	67.18	68.78	70.89	73.34	76.13	79.14	82.23	85.37	88.24	90.65	92.79	94.45	95.47	95.89
8	66.20	66.55	67.60	69.16	71.20	73.73	76.56	79.64	82.76	85.86	88.59	91.04	93.24	94.90	95.91	96.35

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00	-3.05	-6.16	-8.96	-11.30	-13.19	-14.49	-15.11	-15.15	-14.51	-13.32	-11.40	-9.12	-6.36	-3.37	0.00
2	0.00	-2.87	-5.99	-8.63	-10.90	-12.68	-13.94	-14.57	-14.60	-13.97	-12.77	-11.01	-8.76	-6.29	-3.25	0.00
3	0.00	-3.04	-5.83	-8.67	-10.93	-12.71	-13.95	-14.61	-14.65	-14.07	-12.87	-11.12	-8.89	-6.14	-3.11	0.00
4	0.00	-2.95	-5.91	-8.67	-10.93	-12.79	-14.00	-14.67	-14.69	-14.13	-12.88	-11.14	-8.91	-6.17	-3.14	0.00
5	0.00	-2.90	-5.98	-8.68	-10.94	-12.80	-14.06	-14.70	-14.73	-14.12	-12.93	-11.11	-8.80	-6.29	-3.26	0.00
6	0.00	-3.02	-5.99	-8.69	-10.90	-12.76	-14.08	-14.73	-14.75	-14.19	-12.87	-11.23	-8.94	-6.17	-3.14	0.00
7	0.00	-2.98	-5.92	-8.69	-11.02	-12.79	-14.06	-14.72	-14.76	-14.14	-12.89	-11.20	-8.93	-6.19	-3.16	0.00
8	0.00	-2.88	-6.04	-8.71	-10.98	-12.79	-14.07	-14.73	-14.75	-14.12	-12.94	-11.25	-8.93	-6.21	-3.36	0.00

Anexo 17:

Programas para calcular los puntos de control digitalizados en modelo maquinado 2

```
%Formación de puntos digitalizados de modelo 2 y parches respectivos.
PM2=xlsread('Puntos de Modelo 2');
Puntos_Digitalizados_Modelo2(PM2);
hold off
```

```
function out=Puntos_de_Modelo2_Digitalizados(PM2)
% Obtención de puntos de la superficie de modelo 2.
p=1;
for i=1:size(PM2,1)
    X(p) = PM2(p,1);
    Y(p) = PM2(p,2);
    Z(p) = PM2(p,3);
    fprintf('Xf=%8.4f   Yf=%8.4f   Zf=%8.4f\n',X(p),Y(p),Z(p));
    fprintf('\n');
    p=p+1;
end
plot3(X,Y,Z,'m.','MarkerSize',4);
title('Gráfica de Modelo 2');
xlabel('Eje X');ylabel('Eje Y');zlabel('Eje Z');
grid on;
shading interp
hold on
k=1;
PDIG=PM2;
for i=1:size(PDIG,1)-1
    if round(PDIG(i,2))~=round(PDIG(i+1,2))
        r(k)=i;
        k=k+1;
    else
        r(k)=size(PDIG,1);
    end
end
end
fprintf('niveles=%8.0f\n',k);
fprintf('\n');
for j=1:k
    fprintf('r(%8.0f)=%8.0f\n',j,r(j));
    fprintf('\n');
end
end
q=0;
for i=1:k-2
    if i==1
        c=0;
        for a=1:r(1)-1
            q=q+1;
            PARM2(q,1)=PDIG(a,1);
            PARM2(q,2)=PDIG(a,2);
```

```

    PARM2 (q, 3) = PDIG (a, 3);

    q=q+1;
    PARM2 (q, 1) = PDIG (a+1, 1);
    PARM2 (q, 2) = PDIG (a+1, 2);
    PARM2 (q, 3) = PDIG (a+1, 3);

    q=q+1;
    c=c+1;
    PARM2 (q, 1) = PDIG (r (1) +c, 1);
    PARM2 (q, 2) = PDIG (r (1) +c, 2);
    PARM2 (q, 3) = PDIG (r (1) +c, 3);
    end
end
if i~=1
    c=0;
    for a=r (i-1) +1:r (i) -1
        q=q+1;
        PARM2 (q, 1) = PDIG (a, 1);
        PARM2 (q, 2) = PDIG (a, 2);
        PARM2 (q, 3) = PDIG (a, 3);

        q=q+1;
        PARM2 (q, 1) = PDIG (a+1, 1);
        PARM2 (q, 2) = PDIG (a+1, 2);
        PARM2 (q, 3) = PDIG (a+1, 3);
        q=q+1;
        c=c+1;
        PARM2 (q, 1) = PDIG (c+r (i), 1);
        PARM2 (q, 2) = PDIG (c+r (i), 2);
        PARM2 (q, 3) = PDIG (c+r (i), 3);
        end
    end
end
c=0;
for a=r (20) +1:r (21) -1
    q=q+1;
    PARM2 (q, 1) = PDIG (a, 1);
    PARM2 (q, 2) = PDIG (a, 2);
    PARM2 (q, 3) = PDIG (a, 3);

    q=q+1;
    PARM2 (q, 1) = PDIG (a+1, 1);
    PARM2 (q, 2) = PDIG (a+1, 2);
    PARM2 (q, 3) = PDIG (a+1, 3);

    q=q+1;
    c=c+1;

    PARM2 (q, 1) = PDIG (r (19) +c, 1);

```

```

PARAM2(q,2)=PDIG(r(19)+c,2);
PARAM2(q,3)=PDIG(r(19)+c,3);
end
xlswrite('Parches_de_Modelo_2',PARAM2);
out=PARAM2;

```

```

% Ingreso de datos para determinar puntos de control del modelo 2.
nu=16;
nv=8;
PBS=xlsread('Puntos de Modelo 2');
PCONT=Puntos_de_Control_Mod2(PBS,nu,nv);

```

```

function out = Puntos_de_Control_Mod2(PCAD,nu,nv)
% Ordenamiento de Matriz;
% Datos:
% P (Matriz)
k=1;
for i=1:size(PCAD,1)-1
    if round(PCAD(i,2))~=round(PCAD(i+1,2))
        r(k)=i;
        k=k+1;
    else
        r(k)=size(PCAD,1);
    end
end
end
fprintf('niveles=%8.0f\n',k);
fprintf('\n');
for j=1:k
    fprintf('r(%8.0f)=%8.0f\n',j,r(j));
    fprintf('\n');
end
n=0;
m= round((k-1)/(nv-1));
fprintf('m=%8.0f\n',m);
fprintf('\n');
for t=1:r(1)
    n=n+1;
    PCAUX(n,1)=PCAD(t,1);
    PCAUX(n,2)=PCAD(t,2);
    PCAUX(n,3)=PCAD(t,3);
end
for s=1+m:m:m*(nv-2)+1
    for t=r(s-1)+1:r(s)
        n=n+1;
        PCAUX(n,1)=PCAD(t,1);
        PCAUX(n,2)=PCAD(t,2);
        PCAUX(n,3)=PCAD(t,3);
    end
end
end

```

```

for t=r(k-1)+1:r(k)
    n=n+1;
    PCAUX(n,1)=PCAD(t,1);
    PCAUX(n,2)=PCAD(t,2);
    PCAUX(n,3)=PCAD(t,3);
end
p=1;
for v=1:size(PCAUX,1)-1
    if round(PCAUX(v,2))~=round(PCAUX(v+1,2))
        u(p)=v;
        p=p+1;
    else
        u(p)=size(PCAUX,1);
    end
end
fprintf('niveles=%8.0f\n',p);
fprintf('\n');
for w=1:p
    fprintf('u(%8.0f)=%8.0f\n',w,u(w));
    fprintf('\n');
end

PCONT(1,1)=PCAUX(1,1);
PCONT(1,2)=PCAUX(1,2);
PCONT(1,3)=PCAUX(1,3);
distot=0;
for l=1:u(1)-1
    cds= sqrt((PCAUX(l+1,1)-PCAUX(l,1))^2+(PCAUX(l+1,2)-
PCAUX(l,2))^2+(PCAUX(l+1,3)-PCAUX(l,3))^2);
    distot = cds + distot;
end
distpar=distot/(nu-1);
fprintf('Distancia total=%8.6f\n',distot);
fprintf('\n');
fprintf('Distancia parcial=%8.6f\n',distpar);
fprintf('\n');
q=1;
daux=0;
b=1;
for a=1:u(1)-1

    cdsaux= sqrt((PCAUX(a+1,1)-PCAUX(a,1))^2+(PCAUX(a+1,2)-
PCAUX(a,2))^2+(PCAUX(a+1,3)-PCAUX(a,3))^2);
    daux = cdsaux + daux;
    if (daux>=distpar*b) && (b~=nu-1)
        q=q+1;
        PCONT(q,1)=PCAUX(a,1);
        PCONT(q,2)=PCAUX(a,2);
        PCONT(q,3)=PCAUX(a,3);
        fprintf('Distancia auxiliar(%8.0f)=%8.6f\n',q,daux);
        fprintf('\n');
    end
end

```

```

    b=b+1;
    end
end
q=q+1;
PCONT(q,1)=PCAUX(u(1),1);
PCONT(q,2)=PCAUX(u(1),2);
PCONT(q,3)=PCAUX(u(1),3);
for z=2:p
    q=q+1;
    PCONT(q,1)=PCAUX(u(z-1)+1,1);
    PCONT(q,2)=PCAUX(u(z-1)+1,2);
    PCONT(q,3)=PCAUX(u(z-1)+1,3);
    distotl=0;
    for l=u(z-1)+1:u(z)-1
        cds1= sqrt((PCAUX(l+1,1)-PCAUX(l,1))^2+(PCAUX(l+1,2)-
PCAUX(l,2))^2+(PCAUX(l+1,3)-PCAUX(l,3))^2);
        distotl = cds1 + distotl;
    end
    distparl=distotl/(nu-1);
    dauxl=0;
    fprintf('Distancia total=%8.6f\n',distotl);
    fprintf('\n');
    fprintf('Distancia parcial=%8.6f\n',distparl);
    fprintf('\n');
    b=1;
    for a=u(z-1)+1:u(z)-1
        cdsauxl= sqrt((PCAUX(a+1,1)-PCAUX(a,1))^2+(PCAUX(a+1,2)-
PCAUX(a,2))^2+(PCAUX(a+1,3)-PCAUX(a,3))^2);
        dauxl = cdsauxl + dauxl;
        if (dauxl>=distparl*b) && (b~=nu-1)
            q=q+1;
            PCONT(q,1)=PCAUX(a,1);
            PCONT(q,2)=PCAUX(a,2);
            PCONT(q,3)=PCAUX(a,3);
            fprintf('Distancia auxiliar(%8.0f)=%8.6f\n',q,dauxl);
            fprintf('\n');
            b=b+1;
        end
    end
end
q=q+1;
PCONT(q,1)=PCAUX(u(z),1);
PCONT(q,2)=PCAUX(u(z),2);
PCONT(q,3)=PCAUX(u(z),3);
end
p=0;
for q=1:size(PCONT,1)
    p=p+1;
    X(p) = PCONT(q,1);
    Y(p) = PCONT(q,2);
    Z(p) = PCONT(q,3);
    fprintf('Xc=%8.4f   Yc=%8.4f   Zc=%8.4f\n',X(p),Y(p),Z(p));

```

```
fprintf('\n');
end
xlswrite('Puntos_Control_Auxiliar',PCONT);
plot3(X,Y,Z,'b.','MarkerSize',12);
title('Gráfica de Puntos de Control');
xlabel('Eje X');ylabel('Eje Y');zlabel('Eje Z');
grid on;
shading interp
hold on
p=0;
for i=1:nv
    for j=1:nu
        p=p+1;
        Dx(i,j)=X(p);
        Dy(i,j)=Y(p);
        Dz(i,j)=Z(p);
    end
end
xlswrite('Puntos_Control',Dx,'Coordenadas_X','D4:W25');
xlswrite('Puntos_Control',Dy,'Coordenadas_Y','D4:W25');
xlswrite('Puntos_Control',Dz,'Coordenadas_Z','D4:W25');
out=PCONT;
end
% Fin de Programa
```

Anexo 18:

Ingreso de coordenadas de puntos de control del modelo maquinado 2 – 128 puntos de control.

Parámetros de Superficie B-Spline

Grado de la Superficie (Dirección "u ")=	4
Grado de la Superficie (Dirección "v ")=	3
Número de puntos de control (Dirección "u ")=	16
Número de puntos de control (Dirección "v")=	8
Número de puntos a interpolar ("num")=	100

Medidas en milímetros.

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	19.74	20.53	22.47	25.59	29.81	34.91	40.59	46.63	52.84	58.94	64.65	69.75	73.95	77.14	79.10	79.94
2	22.00	22.71	24.49	27.42	31.33	36.03	41.21	46.92	52.68	58.35	63.55	68.33	72.16	75.12	76.93	77.60
3	24.23	24.93	26.58	29.24	32.76	37.13	41.88	47.03	52.38	57.56	62.40	66.68	70.33	73.08	74.75	75.36
4	26.61	27.13	28.69	31.11	34.35	38.21	42.59	47.41	52.13	56.73	61.37	65.10	68.57	71.03	72.54	73.11
5	28.86	29.33	30.67	32.93	35.84	39.36	43.31	47.62	51.95	56.12	60.15	63.64	66.67	68.88	70.35	70.87
6	31.12	31.53	32.74	34.73	37.34	40.56	43.99	47.90	51.81	55.53	59.07	62.33	64.90	66.84	68.15	68.62
7	33.37	33.75	34.79	36.58	38.79	41.64	44.77	47.98	51.47	54.68	57.86	60.62	63.01	64.84	65.96	66.38
8	34.82	35.19	36.15	37.76	39.85	42.41	45.27	48.29	51.42	54.31	57.15	59.66	61.85	63.54	64.50	65.00

Medidas en milímetros

Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
2	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
3	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.99	30.00	30.00
4	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	44.99	45.00	45.00
5	60.00	60.00	60.00	60.00	60.01	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
6	75.00	75.01	75.01	75.00	75.01	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	74.99	75.00	74.99	75.00	75.00
7	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
8	100.00	100.01	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00	-6.17	-12.03	-17.41	-22.08	-25.75	-28.27	-29.55	-29.57	-28.31	-25.82	-22.19	-17.61	-12.19	-6.41	0.00
2	0.00	-5.57	-11.03	-16.09	-20.41	-23.79	-26.10	-27.32	-27.33	-26.15	-23.87	-20.46	-16.25	-11.23	-5.84	0.00
3	0.00	-5.14	-10.17	-14.77	-18.66	-21.83	-23.95	-25.07	-25.10	-24.05	-21.94	-18.91	-14.96	-10.32	-5.33	0.00
4	0.00	-4.64	-9.37	-13.50	-17.06	-19.85	-21.81	-22.85	-22.87	-21.94	-19.94	-17.30	-13.57	-9.41	-4.92	0.00
5	0.00	-4.16	-8.28	-12.17	-15.36	-17.91	-19.68	-20.61	-20.62	-19.78	-18.05	-15.60	-12.37	-8.68	-4.44	0.00
6	0.00	-3.66	-7.36	-10.81	-13.69	-16.00	-17.53	-18.37	-18.37	-17.61	-16.08	-13.77	-10.99	-7.75	-4.01	0.00
7	0.00	-3.23	-6.42	-9.52	-11.96	-14.02	-15.42	-16.12	-16.15	-15.53	-14.18	-12.29	-9.77	-6.74	-3.50	0.00
8	0.00	-2.94	-5.89	-8.66	-10.96	-12.79	-14.05	-14.69	-14.70	-14.12	-12.92	-11.19	-8.88	-6.08	-3.30	0.00

BIBLIOGRAFÍA DE FUENTES CONSULTADAS.

- [1] “Gráficos en computación-CURVAS CÚBICAS PARAMÉTRICAS”
http://sabia.tic.udc.es/gc/teoria/Curvas/HTML/TrabajoGC.htm#_Toc881652
Fecha de Consulta: 02/04/2012.
- [2] “Exposición de Compugráfica”
http://prezi.com/22v_sbvruv4k/exposicion-de-compugrafica/
Fecha de Consulta: 02/04/2012.
- [3] “Métodos de aproximación de Curvas Spline”.
<http://www.seccperu.org/files/InformeCurvasSpline.pdf>
Fecha de Consulta: 06/04/2012.
- [4] “Modelo Superficie – Trayectoria”
<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/.../Molina%20Carmona,%20Rafael.pdf>
Fecha de Consulta: 13/04/2012.
- [5] “REVISIÓN SOBRE MODELADO DE SUPERFICIES COMPLEJAS”.
<http://www2.unalmed.edu.co/dyna2005/142/Revision.pdf>
Fecha de Consulta: 06/04/2012.
- [6] Hoschek. J and Lasser. D, “*Computer Aided Geometric Design*”, AK Peters, 1993.
- [7] “Splines: Curvas y Superficies”.
<http://www.inf-cr.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/AC/splines.pdf>
Fecha de Consulta: 25/07/2012.
- [8] “Modelado Geométrico II”.
<http://graficos.uji.es/grafica/Documentos/8%20ModeladoII.pdf>
Fecha de Consulta: 26/07/2012.
- [9] Zeid, I , “*CAD/CAM Theory and Practice*”, Mc Graw Hill, USA, 1991.
- [10] “Técnicas para el modelado tridimensional de artefactos arqueológicos”.
<http://remarq.ning.com/page/tecnicas-para-el-modelado-tridimensional-de-artefactos-arqueologi>
Fecha de Consulta: 10/05/2012.
- [11] “MÁQUINA DE MEDICIÓN POR COORDENADAS”.
<http://www.comflyer.com/strg/docs/j19ho55dcnq.pdf>
Fecha de Consulta: 12/05/2012.

- [12] “LA METROLOGÍA DIMENSIONAL EN ASTURIAS”
<http://www.clubcalidad.com/V2/html/downloads/documentaciones/Informe%20Ofinal%20MeDiAs.pdf>
Fecha de Consulta: 15/05/2012.
- [13] “Exactitud de formas mecanizadas en máquinas de control numérico, a partir de perfiles digitalizados en máquina de medición por coordenadas con palpador de contacto”
<http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/09/09-02.pdf>
Fecha de Consulta: 20/05/2012.
- [14] “Programas de superficie B-Spline”.
http://read.pudn.com/downloads92/sourcecode/graph/356996/Interpolation%20O&%20Approximation/Basisfuns.m__.htm
Fecha de Consulta: 01/07/2012.
- [15] Tupia.W, “Interpolación de Ajuste de Curvas y Perfiles para componentes obtenidos por Digitalizado”, tesis de maestría PUCP, Lima, 2006.
- [16] Kincaid and Cheney, “Métodos Numéricos y Computacionales”, Sexta Edición, 2011.
- [17] “Superficies de producto tensorial”.
http://dac.escet.urjc.es/rvmaster/rvmaster/assignaturas/mga/superficies_de_prod_tensorial.pdf
Fecha de Consulta: 12/08/2012.
- [18] “B-SPLINES AND NURBS CURVES AND SURFACES”
<http://personales.unican.es/iglesias/CD-CG/#programa>
Fecha de Consulta: 15/08/2012.

BIBLIOGRAFÍA DE FIGURAS.

- <1> *Computer Aided Geometric Design* – Josef Hoscheck / Dieter Lasser.
- <2> *Computer Aided Geometric Design* – Josef Hoscheck / Dieter Lasser.
- <3> *Computer Aided Geometric Design* – Josef Hoscheck / Dieter Lasser.
- <4> *Computer Aided Geometric Design* – Josef Hoscheck / Dieter Lasser.
- <5> *Computer Aided Geometric Design* – Josef Hoscheck / Dieter Lasser.

- <6> *Computer Aided Geometric Design* – Josef Hoscheck / Dieter Lasser.
- <7> *Computer Aided Geometric Design* – Josef Hoscheck / Dieter Lasser.
- <8> <http://www.clubcalidad.com/V2/html/downloads/documentaciones/Informe%20final%20MeDiAs.pdf>
Fecha de Consulta: 15/05/2012.
- <9> <http://www.clubcalidad.com/V2/html/downloads/documentaciones/Informe%20final%20MeDiAs.pdf>
Fecha de Consulta: 15/05/2012.
- <10> <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/09/09-02.pdf>
Fecha de Consulta: 16/05/2012.
- <11> <http://personales.unican.es/iglesias/CD-CG/#programa>
Fecha de Consulta: 15/08/2012.
- <12> http://tomoadour.com/es/es-services_retroconception.html
Fecha de Consulta: 10/07/2012.
- <13> <http://www.deskeng.com/articles/aaaxyk.htm>
Fecha de Consulta: 10/05/2012.
- <14> <http://www.cartesia.org/articulo122.html>
Fecha de Consulta: 10/05/2012.
- <15> <http://www.ita.es/ita/?digitalizacion-ingenieria-inversa>
Fecha de Consulta: 11/05/2012.
- <16> <http://www.clubcalidad.com/V2/html/downloads/documentaciones/Informe%20final%20MeDiAs.pdf>
Fecha de Consulta: 15/05/2012.
- <17> <http://www.clubcalidad.com/V2/html/downloads/documentaciones/Informe%20final%20MeDiAs.pdf>
Fecha de Consulta: 15/05/2012.
- <18> http://remarq.ning.com/page/tecnicas-para-el-modelado-tridimensional-de-artefactos-arqueologi?xg_source=activity
Fecha de Consulta: 16/05/2012.