



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

PREPARACIÓN DE EQUIPAMIENTO DIDÁCTICO TÉCNICO PARA PROCESO DE FUNDICIÓN

AUTOR
Daniel Gómez García

DIRECTOR
Jesús Casanova Agustín

ESPECIALIDAD
Mecánica

CONVOCATORIA
Junio 2012

Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación



Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. OBJETO.....	3
1.2. ÁMBITO.....	4
1.3. ALCANCE.....	5
2. PLANIFICACIÓN.....	6
3. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO	10
3.1. ASPECTOS GENERALES	10
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3.3. TRABAJO ESPECÍFICO REALIZADO	26
3.4. DOCUMENTACIÓN GENERADA	29
4. DIFICULTADES Y DESVIACIONES RESPECTO A LA PLANIFICACIÓN.....	30
5. DEDICACIÓN	32
6. CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES ADQUIRIDAS	32
7. CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO	33
7.1. CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO	33
7.2. CONCLUSIONES PERSONALES	34
7.3. LÍNEAS FUTURAS.....	35
8. AGRADECIMIENTOS	36



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto que se desarrolla a continuación ha sido realizado por Daniel Gómez García en colaboración con el Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación, Área de los Procesos de Fabricación, situado en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza, edificio Torres Quevedo. Este proyecto ha sido dirigido por Jesús Casanova, profesor de dicho departamento.

1.1. OBJETO

El objeto de este proyecto ha sido la preparación de un equipamiento didáctico técnico para realizar un reductor de tubería mediante el proceso de fundición, con el fin de que los estudiantes de Ingeniería de la Universidad de Zaragoza puedan aprender de forma práctica el proceso de producción por fundición con molde de arena.

Para la obtención del equipamiento didáctico que nos permita realizar el reductor de tubería, se ha tenido que diseñar y construir las piezas necesarias, teniendo en cuenta las herramientas a utilizar y el material disponible, por lo que también se han realizado pequeños cálculos.

La herramienta que se ha utilizado para el diseño de estas piezas es el software de dibujo Solid Edge V20, el cual nos ha permitido la realización de los diseños en 3D y de los planos en 2D.

Como la misión de este proyecto es que los estudiantes de Ingeniería de la Universidad de Zaragoza realicen el proceso de producción de fundición en una jornada de prácticas (siendo estas un periodo de tiempo



corto), el diseño se ha efectuado para que los períodos de fabricación del reductor de tubería sean los mínimos posibles y se han evitado los posibles errores que se pudieran cometer por el incorrecto montaje entre las piezas. Los estudiantes que vayan a realizar el caso práctico dispondrán de un guión, donde se les hará una breve introducción de los procesos de fundición y a continuación la manera de fabricar el reductor de tubería paso por paso.

1.2. ÁMBITO

El ámbito de este proyecto es didáctico, ya que está orientado a la formación de alumnos en el campo de la fabricación, mediante la producción de un reductor de tubería por el proceso de fundición en molde de arena de una forma técnica-práctica. Aunque también podía tener un ámbito comercial la venta de estos equipamientos didácticos a distintas entidades como colegios, institutos y universidades como herramienta didáctica para su alumnado.

En el ámbito didáctico, la forma técnica, mencionada anteriormente, viene determinada por un guión de prácticas, en el que se hace constar una introducción de los procesos de fundición, así como una explicación de los moldes de arena y de los distintos modelos y corazones que existen. Otra parte del guión es la explicación de cómo realizar el caso práctico, donde puedes encontrar las herramientas a utilizar, la realización de la práctica paso por paso de forma escrita y también de forma gráfica.

La parte práctica consta en que los alumnos fabriquen el reductor de tubería siguiendo los pasos del guión y con el equipamiento didáctico del que se dispone.

El caso práctico está pensado para estudiantes de Ingeniería de la Universidad de Zaragoza que tengan que realizar prácticas en moldes de



arena. El número de alumnos a la hora de la realización de la práctica serán en grupos no superiores a seis personas.

1.3. ALCANCE

Desde la fabricación de las piezas necesarias, como la preparación de las herramientas que tiene que disponer el equipamiento y la realización teórica del proceso de producción, todo para llegar a un alcance meramente didáctico de los estudiantes de Ingeniería de la Universidad de Zaragoza o de cualquier entidad que tenga en poder un equipamiento didáctico técnico formado por nosotros.

El alcance que se quiere tener es que los estudiantes con este caso práctico puedan aprender las cosas básicas que hay que saber sobre los procesos productivos de fundición en molde de arena, por si el día de mañana tuvieran que aplicar dichos conocimientos para su trabajos. Es decir, con esta herramienta de trabajo, uno no se va a hacer profesional de los procesos productivo de fundición, pero si va a tener las ideas básicas para iniciarse en ellos y poder comprender de una forma simple dichos procesos.



2. PLANIFICACIÓN

La planificación del proyecto fue la siguiente:

En primer lugar, el comienzo de las actividades para la realización del mismo dieron lugar el día 22 de Noviembre del 2011, y se acordó con el director del proyecto Jesús Casanova Agustín que cada cierto tiempo, dependiendo del trabajo realizado se haría una reunión de seguimiento y en caso de no poderse realizar, se haría de manera telemática. Esta forma ha sido muy utilizada para la consulta de pequeñas dudas.

Ha habido reuniones muy separadas en el tiempo debido a época de exámenes y también a no poder desarrollar modificaciones a causa de que las piezas no estaban fabricadas, debido este problema al retraso de envío de materiales necesarios para su ejecución.

- **Tarea 1:** Estudio de proceso de producción de fundición en molde de arena.
- **Tarea 2:** Aprendizaje del manejo de Solid Edge V20.
- **Tarea 3:** Búsqueda de información de casos prácticos.
- **Tarea 4:** Cálculos de diseño según el material disponible.
- **Tarea 5:** Estudio de las herramientas necesarias para fabricar las piezas, con el propósito de utilizar herramientas normalizadas.
- **Tarea 6:** Estudio del diseño a practicar en piezas, para hacerla lo más fácil posible.
- **Tarea 7:** Modelado en 3D de los subconjuntos de las piezas, en Solid Edge V20.
- **Tarea 8:** Ensamblado de los subconjuntos, para formar las piezas, en Solid Edge V20.
- **Tarea 9:** Realización de planos de los subconjuntos y conjuntos de



piezas, utilizando Solid Edge V20

- **Tarea 10:** Revisiones y Modificaciones de planos y piezas.
- **Tarea 11:** Búsqueda y compra de aquellas herramientas que vayan a ser necesarias a la hora de realizar las prácticas.
- **Tarea 12:** Realización de pruebas prácticas.
- **Tarea 13:** Realización de guión de prácticas.
- **Tarea 14:** Maquetación del guión.
- **Tarea 15:** Redacción de la memoria del proyecto.
- **Tarea 16:** Maquetación de la memoria.

	Semana 1 21/11/2011 a 28/11/2011	Semana 2 29/11/2011 a 05/12/2011	Semana 3 06/12/2011 a 12/12/2011	Semana 4 13/12/2011 a 19/12/2011	Semana 5 20/12/2011 a 02/01/2012	Semana 6 03/01/2012 a 09/01/2012
Tarea 1	X	X				
Tarea 2	X	X	X	X		
Tarea 3			X			
Tarea 4			X	X		
Tarea 5			X	X		
Tarea 6			X	X		
Tarea 7				X	X	X
Tarea 8					X	X

Tabla 1

**PREPARACIÓN DE EQUIPAMIENTO
DIDÁCTICO TÉCNICO PARA PROCESO DE
FUNDICIÓN**



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**

	Semana 7 10/01/2012 a 16/01/2012	Semana 8 17/01/2012 a 23/01/2012	Semana 9 24/01/2012 a 30/01/2012	Semana 10 31/01/2012 a 06/02/2012	Semana 11 07/02/2012 a 13/02/2012	Semana 12 14/02/2012 a 20/02/2012
Tarea 4			X	X		
Tarea 6			X	X		
Tarea 7	X				X	X
Tarea 8	X				X	X
Tarea 9	X	X			X	X
Tarea 10		X	X			
Tarea 11				X	X	X
Tarea 13						X

Tabla 2

	Semana 13 21/02/2012 a 27/02/2012	Semana 14 28/02/2012 a 05/03/2012	Semana 15 06/03/2012 a 12/03/2012	Semana 16 13/03/2012 a 19/03/2012	Semana 17 20/03/2012 a 26/03/2012	Semana 18 27/03/2012 a 02/04/2012
Tarea 6	X					
Tarea 7		X	X			
Tarea 8		X	X			
Tarea 9		X	X			
Tarea 10	X			X		



Tarea 11		X	X	X	X	
Tarea 12						X
Tarea 13					X	X

Tabla 3

	Semana 19 03/04/2012 a 09/04/2012	Semana 20 10/04/2012 a 16/04/2012	Semana 21 17/04/2012 a 23/04/2012	Semana 22 24/04/2012 a 30/04/2012	Semana 23 01/05/2012 a 07/05/2012	Semana 24 08/05/2012 a 14/05/2012
Tarea 12	X	X				
Tarea 13			X	X	X	
Tarea 14				X	X	
Tarea 15	X	X	X	X	X	X
Tarea 16					X	X

Tabla 4

	Semana 25 15/05/2012 a 18/05/2012
Tarea 16	X

Tabla 5



3. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

Este apartado se divide en cuatro grandes bloques en los que trata todo lo realizado en el proyecto. En el primer gran bloque se recoge el trabajo realizado en primera persona. En el segundo bloque se recogen los distintos objetivos que hemos querido obtener con la realización de este proyecto, es decir los fines que queremos que se consigan con él.

En el tercer bloque, en primer lugar están definidas todas las tareas llevadas a cabo durante el periodo de realización del proyecto y numeradas por orden cronológico y dividido en distintas categorías, así como los seguimientos que ha habido con el director sobre el proyecto. Y en el cuarto, y último bloque, se describirán los objetivos específicos de cada uno de los materiales generados durante el proyecto.

3.1. ASPECTOS GENERALES

La primera reunión con el director del proyecto Jesús Casanova tuvo lugar el día 22 de diciembre del 2011, allí se acordó que la orientación del proyecto iría destinada a la preparación de un equipamiento didáctico técnico para un proceso de fundición con molde de arena y la posterior preparación de una práctica, para los alumnos de Ingeniería de la Universidad de Zaragoza, empleando dicho equipamiento, por ello la realización de un guión de prácticas, como se podrá ver en uno de los anexos.

El director del proyecto me comentó que la idea de realizar este proyecto había surgido porque la Universidad propuso preparar un caso práctico de un proceso productivo de fundición con molde de arena y esté se

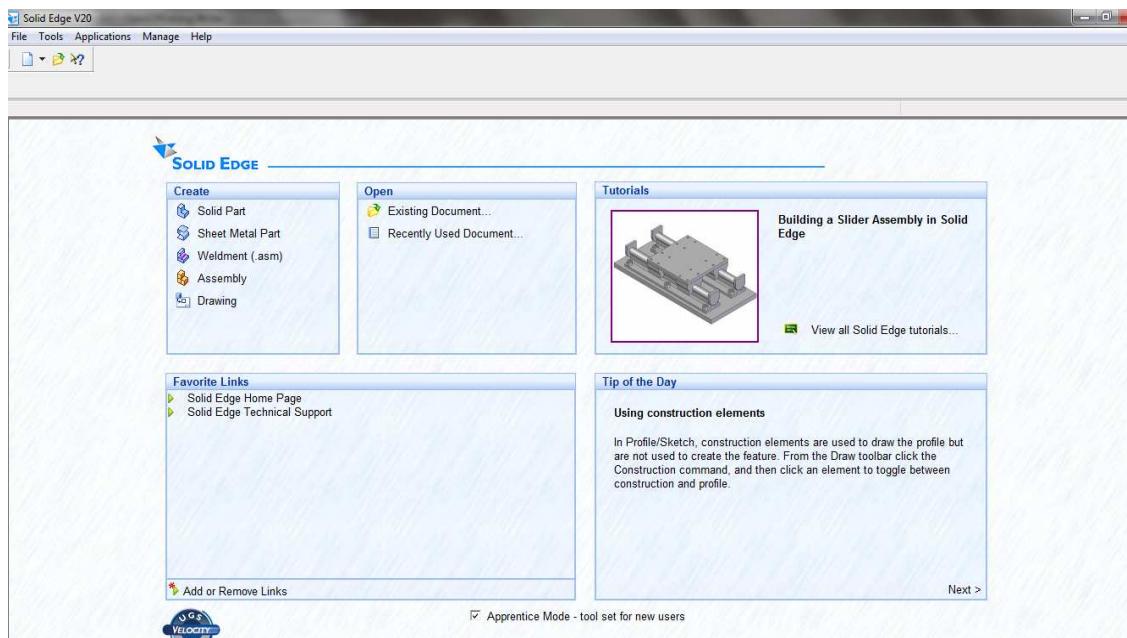


le encargo al Área de procesos de producción, que decidió fabricarlo en vez de comprarlo, ya que disponían de los medios para poder hacerlo, entonces fue cuando se me propuso preparar el equipamiento que sería necesario para realizar el caso práctico.

Preparar el equipamiento constaba en el diseño de las piezas que en el se incluyen, para ello era necesario usar un software de diseño 3D, en nuestro caso se ha utilizado Solid Edge V20, también se me encargó comprar las herramientas de las que disponía dicho equipamiento y que no estuvieran en la Universidad.

Como se tenía que diseñar todo lo necesario para realizar un proceso de producción de fundición con moldeo de arena se buscó información acerca de esta manera de producir en distintas fuentes y se examinaron videos acerca del proceso de producción.

Una vez se entendió el proceso de producción, el siguiente paso se orientó al aprendizaje del manejo del software de dibujo mencionado anteriormente, para ello se tuvieron que realizar tutoriales de dicho programa, ver videos de como se manejaba y se preguntó a la gente familiarizada con el programa. A continuación una fotografía del programa.



Antes de realizar el diseño de las piezas, se calculó como hacerlas con el material que se disponía, al principio, no se contó con el volumen de arena ni de material de fundición que se tenía ya que se desconocía la información de la cantidad pedida. A continuación el material que a mí se me dice que disponemos:

- Dos perfiles metálicos de dimensiones 100 x 12 x 1000 mm.
- Placa metálica de dimensiones 250 x 250 x 10 mm.
- Tocho rectangular metálico de superficie 100 x 50 x 300 mm.
- Tocho cilíndrico metálico de diámetro 120 x 300 mm de longitud.

Con estos materiales las piezas a realizar son:

- Dos cajones.
- Dos cajones para el corazón.
- El modelo.
- Placa.



Ya que las otras piezas como pueden ser las asas, el bebedero y el sobradero, se me comentó por el director del proyecto que se podrían realizar con restos de materiales que hubiera por el taller.

Sabiendo lo que se tenía que fabricar y el material que se disponía se realizó el diseño de las piezas según los cálculos efectuados a continuación:

- Listón cajón = 238 x 12 x 100 mm.
- Cajón = 4 Listones, por lo que con un perfil metálico se puede realizar el cajón. Como hay dos perfiles metálicos se pueden hacer los dos cajones.
- Placa = 250 x 250 x 10 mm, misma medida que la placa que obteníamos.
- Cajón Corazón = 150 x 100 x 50 mm, como hay dos cajones con el tocho rectangular metálico se puede realizar.
- Modelo Pieza = El diámetro más grande es de 110 mm x 150 mm de longitud, como cada modelo es la mitad de la pieza, se ve que con el tocho cilíndrico nos sobrará.

Una vez se hicieron estos cálculos y sabiendo el diseño que se quería hacer, se empezaron a dibujar las piezas en 3D y posteriormente se realizaron los planos (Anexo 1), una vez se terminaron los planos se tuvo una reunión con el director del proyecto donde se corrigieron los errores que se habían cometido en la ejecución de los planos y también se me dio indicaciones de aspectos que se habían obviado para la fabricación, como puedan ser, el tener en cuenta las herramientas normalizadas que se van a utilizar a la hora de fabricar las piezas, que influyen a la realización del diseño.

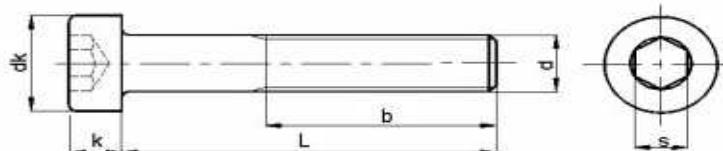
Estos primeros planos sólo fueron para la práctica con Solid Edge V20, ya que se modificaron totalmente, debido a que se desconocía la cantidad de



arena de la que se disponía y no se sabía si con estas medidas sería posible poder ejercer el caso práctico. Otro de los aspectos que no se había tenido en cuenta, era la forma de montaje que tenían que tener la unión de las piezas.

A continuación, se buscaron las herramientas que se iban a necesitar para la fabricación y así en la siguiente modificación del diseño se utilizó las medidas correctas según el tipo de herramientas normalizadas que se iban a emplear en la fabricación, para ello se tuvieron que mirar los diferentes tipos de tornillos, así como los escariadores y avellanadores que se podrían utilizar. Para los tornillos se utilizó la siguiente tabla.

Hexagonal Socket Head Cap Screws



DIN 912
ISO 4762

Class: 8.8/10.9/12.9

d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M42	M48	
dk	5.5	7	8.5	10	13	16	18	21	24	27	30	33	36	40	45	50	54	63	72	
k	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	42	48	
s	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	17	19	19	19	22	24	27	32	36
L [mm]																				
6	•																			
8	•	•	•																	
10	•	•	•	•	•	•														
12	•	•	•	•	•	•	•	•												
16	•	•	•	•	•	•	•	•	•											
18	•	•	•	•	•	•	•	•	•											
20	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•										
22	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•										
25	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•									
30	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•									
35		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•								
40		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
45			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
50			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
55				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
60					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
65						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
70							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
80								•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
90									•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
100										•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
110											•	•	•	•	•	•	•	•	•	
120												•	•	•	•	•	•	•	•	
130													•	•	•	•	•	•	•	
140														•	•	•	•	•	•	
150															•	•	•	•	•	
up to																300	500	500	500	500

cold forged
hot forged

ESCARIADOR

LIMITES DE TOLERANCIA



1. EN EL DIÁMETRO DE CORTE DE LOS ESCARIADORES ESTÁNDAR

El diámetro (d_1) se mide sobre la superficie circular entre estrías inmediatamente detrás del bisel o paso cónico. La tolerancia es conforme a DIN 1420 y sirve para producir agujeros H7.

TOLERANCIA DEL ESCARIADOR			
Diámetro (mm)		Tolerancia Límite (mm)	
Más de	Hasta e inclusive	Alto +	Bajo -
	3	0.008	0.004
3	6	0.010	0.005
6	10	0.012	0.006
10	18	0.015	0.008
18	30	0.017	0.009
30	50	0.021	0.012
50	80	0.025	0.014

2. EN UN AGUJERO H7

La tolerancia más común en el acabado de agujeros es H7 (ver la tabla de abajo). Para alguna otra tolerancia, ver la figura y la tabla del punto 3 (se muestra más abajo), esta tabla también puede ser usada para calcular la tolerancia y el ancho de los escariadores.

TOLERANCIA DEL ESCARIADOR			
Diámetro (mm)		Tolerancia Límite (mm)	
Más de	Hasta e inclusive	Alto +	Bajo -
	3	0.010	0
3	6	0.012	0
6	10	0.015	0
10	18	0.018	0
18	30	0.021	0
30	50	0.025	0
50	80	0.030	0

AVELLANADORES PARA ASIENTOS DE TORNILLOS «ALLEN»

MANGO CILINDRICO DIN 373 - HSS
REF. AV2



Roscas métricas	Ø EXT. AVELL.	Ø GUIA	LONGITUDES LT x Lc	P.V.P.
M-3	6	3,2	71 x 14	14,37
M-4	8	4,3	71 x 14	14,37
M-5	10	5,3	80 x 18	14,37
M-6	11	6,4	80 x 18	16,19
M-8	15	8,4	100 x 22	20,65
M-10	18	10,5	100 x 22	22,45
M-12	20	13	100 x 22	26,56
M-14	24	15	100 x 22	35,48
M-16	26	17	100 x 22	40,39

MANGO CONICO DIN 375 - HSS
REF. AV5



Roscas métricas	Ø EXT. AVELL.	Ø GUIA	CONO MORSE	LONGITUDES LT x Lc	P.V.P.
M-8	15	8,4	2	130 x 20	37,84
M-10	18	10,5	2	140 x 25	38,82
M-12	20	13	2	140 x 30	40,96
M-14	24	15	2	150 x 35	47,89
M-16	26	17	3	180 x 35	53,75
M-18	30	19	3	180 x 40	67,69
M-20	33	21	3	190 x 40	74,67
M-22	36	23	3	190 x 40	85,62
M-24	40	25	3	190 x 40	97,56

NOTA: La longitud de corte se entiende sin la guia.

Una vez que se recibió la arena y el material, se tuvieron que hacer cálculos para saber las dimensiones que debían tener las piezas, para que con la cantidad de arena y material nos llegara al realizar el caso práctico. Así que se empezaron a hacer cálculos, para ello, como la arena venía en bolsas sin medida de peso, lo que se hizo, es una medida aproximada aplanando la tierra en la bolsa y cogiendo las dimensiones con un cierto margen de error. Con estas dimensiones se realizaron los siguientes cálculos:

→ Volumen de pieza aproximado = 120.126,00 mm³. Este cálculo se hizo hallando las dimensiones de cilindros, la parte que es un tronco de cono se realizó cogiendo el mínimo cilindro posible ya que para calcular la arena se daba mejor margen de error y se dividió para dos porque se hicieron los cálculos para cada parte.



→ Volumen cajón (Dim. interiores = 150 x 150 x 70mm) = 1.575.000,00 mm³.

→ Bolsa de arena (Dim. = 230 x 160 x 12) = 441.600,00 mm³.

→ Bolsas de arena por cada cajón 3,5 = 1.545.600,00 mm³.

→ Volumen Bolsas de arena por cajón - Volumen Cajón + volumen pieza = 1.545.600,00 - 1.575.000,00 + 120.126,00 = 90.766,00 mm³.

→ Molde interior = 177.499,99 mm³, como de cada cajón sobra 90.766,00 mm³ por dos cajones que existen, la cantidad de arena que sobra en estos se puede utilizar para hacer el molde interior.

La cantidad de bolsas que había en el taller era de diez, por lo que nos sobrarán tres bolsas para posibles pérdidas futuras o para cuando haya que cambiar la arena por deterioro.

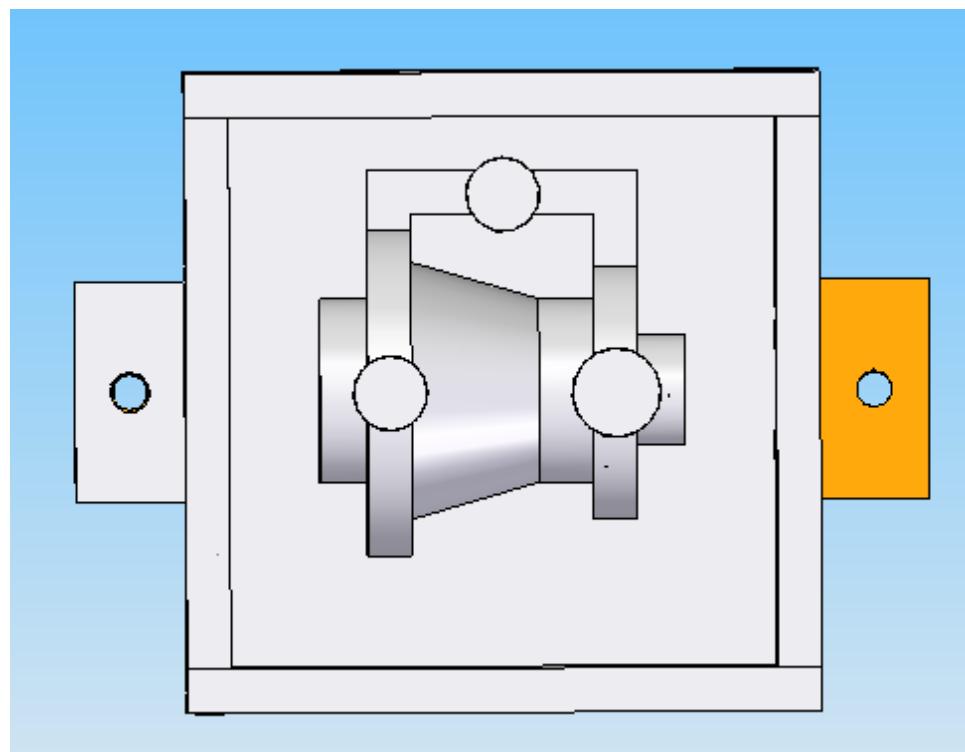
El volumen de aleación de acero para fundir no se pudo calcular porque no se sabía en cuanto se disolvía, pero la cantidad que había se apreciaba suficiente para lo que se necesitaba.

Calculadas las dimensiones que podían tener ya nuestras piezas, para que no hubiera problemas de falta de material de arena y de aleación, se procedió a pensar en el diseño que tenían que tener las piezas para realizar el montaje de éstas. Se tuvieron dos ideas, la primera es la de hacer que los cajones y la placa formaran una única estructura, siendo el mayor inconveniente las uniones del modelo de la pieza a la placa (esta idea se descartó en un principio) y la otra idea que se me ocurrió, es la de que en la placa según la realización de un molde u otro, el modelo de la pieza se pudiera intercambiar, esto puede llevar a un problema de confusión a la hora de realizar la práctica, porque las piezas tienen que tener un correcto posicionamiento, ya que si nos equivocásemos de lado a la hora de montar los cajones con los moldes no nos unirían correctamente, este error se podía solventar pintando en la superficie de la placa con colores las distintas



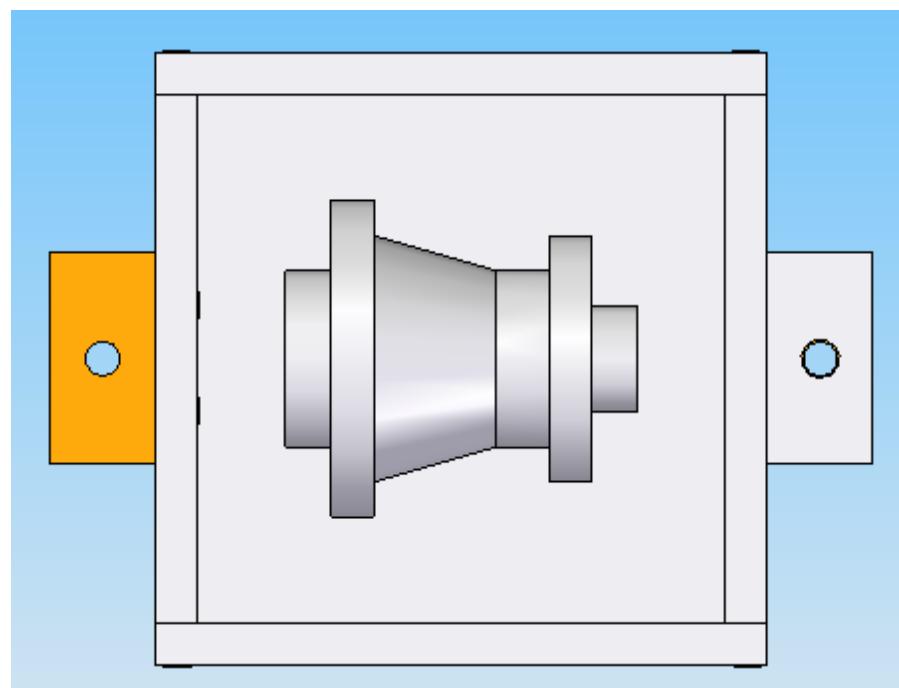
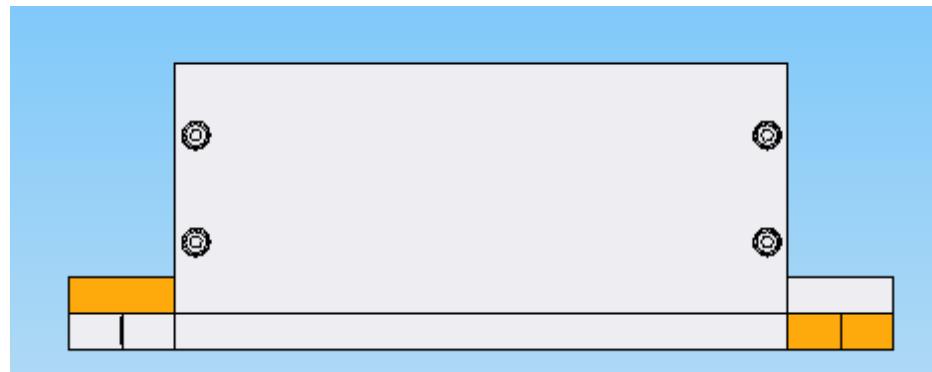
piezas, de esta manera los alumnos sólo tendrían que relacionar los colores. Para hacer efectivo este método y que los cajones y la placa se pudieran unir en todo momento, una de las asas de la placa debería estar ranurada así como una de las asas del cajón. El único inconveniente es que para realizarlo de esta manera y poder unir la placa con los cajones, la placa debería estar levantada y para ello tendríamos que colocar unas patas en las esquinas. Este diseño se pensó hacer con un bebedero en la parte central y dos sobraderos que saldrían en la parte superior del modelo. Una vez visto los problemas y la manera de solventarlos y tener plasmada la idea del diseño, se procedió a dibujar en 3D teniendo en cuenta las herramientas que anteriormente se habían analizado para los tornillos, pasadores, etc. Realizados los dibujos en 3D se verificó que el diseño estaba bien y que el caso práctico era viable como se puede ver a continuación.

Cajón con placa con pieza superior



Nota: Las asas en naranja son las asas que están ranuradas.

Cajón con placa con pieza inferior



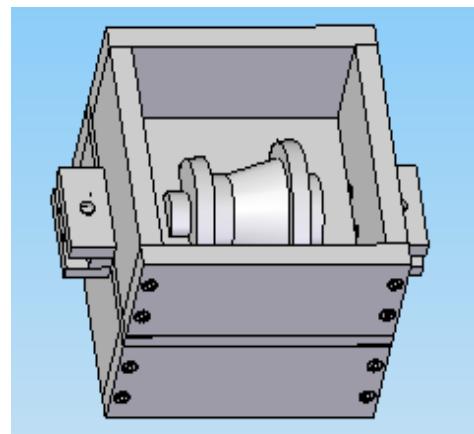
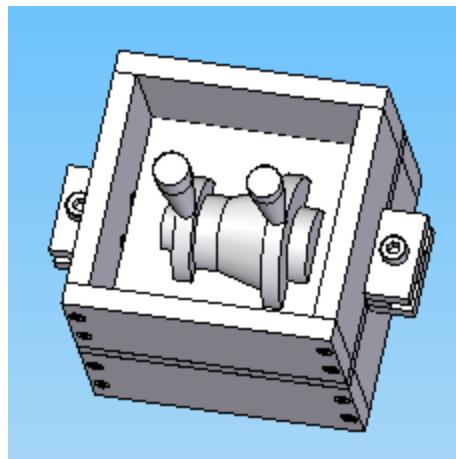
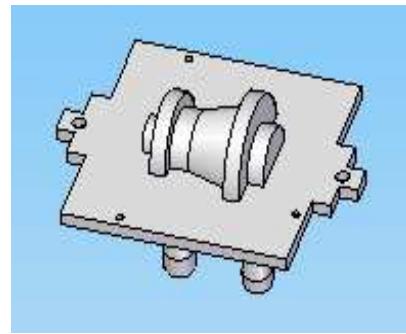
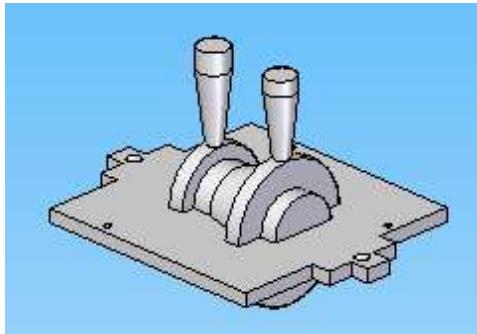
Nota: Las asas en naranja son las asas que están ranuradas.



Verificada la viabilidad del diseño, se realizaron los planos con su acotación, para enviárselos al director del proyecto y que pudiera proceder a fabricación de las piezas. Los planos que se le enviaron pueden verse en el anexo 2.

Mientras las piezas se estaban fabricando, se fueron buscando las herramientas necesarias para formar el equipamiento didáctico técnico y todo aquello necesario para la ejecución práctica del proceso de producción de fundición en molde de arena. Se intentaron buscar las herramientas más baratas que pudieran satisfacer nuestras necesidades. Durante este periodo de tiempo también se empezó a redactar el guión teórico de lo que es el caso práctico.

Cuando el director del proyecto notificó que las piezas estaban ya fabricadas, se me comentó que durante la fabricación se habían realizado diferentes modificaciones en el diseño, ahora la estructura para hacer los moldes quedaría siempre montada por los dos cajones y por la placa. Las otras variaciones se produjeron en medidas, ya que cambiaron los materiales de los que dependíamos a principio. Por eso, se tuvo que ir al taller a tomar las nuevas medidas que tenían las piezas, una vez tomadas se tenía todo el material necesario para modificar planos y dibujos. Otra de las cosas de las que se tomó nota, fue de los nuevos tornillos y pasadores utilizados. Tomadas todas las notas pertinentes se realizaron los planos definitivos, los cuales se adjuntan en el anexo 3. Quedando el diseño como podemos ver a continuación.

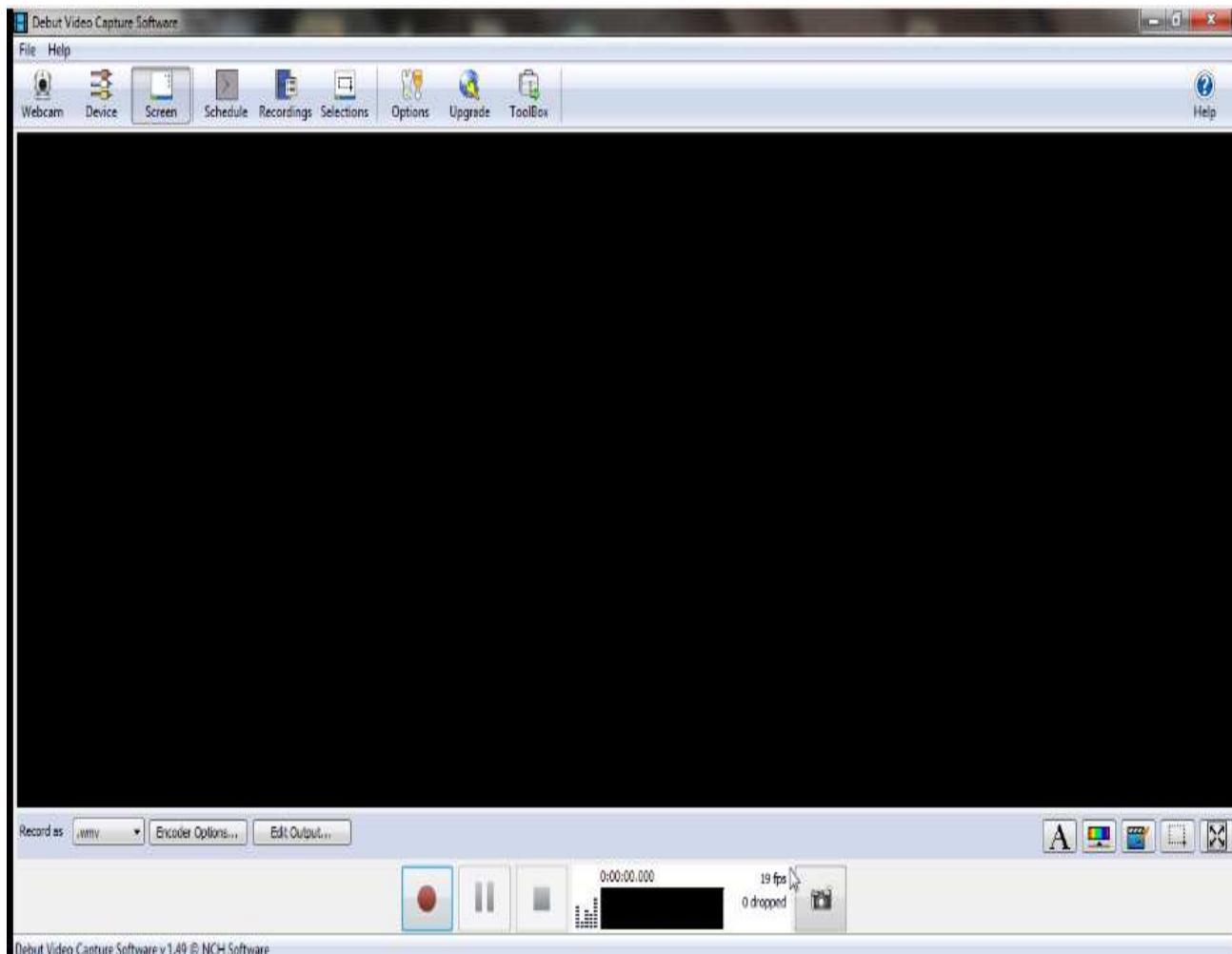


Teniendo las piezas fabricadas y el equipamiento montado, se realizaron pruebas para comprobar como era la ejecución del caso práctico, controlando tiempos de realización. También se analizaron las distintas mejoras o modificaciones que se podrían realizar en dicho modelo, pudiendo comprobar que la única modificación que serviría para algo de mejora, sería poner el bebedero y el sobradero como los del anexo 2. Una vez terminadas las pruebas, se acabó de redactar el guión de prácticas bien documentado, con fotos que se pudieron realizar durante las pruebas, se consiguió realizar un guión que cualquier persona pudiera entender para la realización de la práctica, aunque no supiera nada de procesos de fundición con moldes de arena. Dicho guión se ha incluido en el anexo 4.



Un día de pruebas me reuní con una profesora (que dará este caso práctico) para que le diese el visto bueno al guión de prácticas y realizar una simulación de lo que sería una jornada de prácticas.

Durante todo el periodo de realización del proyecto, se estuvo usando un programa para hacer videos, el cual sirviera para capturar las imágenes 3D y ser útil a la hora de realizar la presentación. Dicho programa se llama Debut Video Capture Software.





3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En este apartado se va a definir el objetivo específico de la práctica. Tanto desde el punto teórico como del práctico.

Como ya se ha dicho anteriormente el principal ámbito de este proyecto es didáctico. La misión de estas prácticas es reforzar lo visto en clase y ampliar conceptos que se pudieran obviar.

Así que cuando los alumnos terminaran la práctica, hubieran aprendido los objetivos que marcaremos a continuación, estos los desglosaremos en objetivos teóricos y prácticos.

-Objetivos teóricos:

- Relacionar los distintos tipos de procesos de metal con casos prácticos.
- Conocer los pasos a seguir para cualquier producto realizado con molde de arena.
- Saber que tipo de modelos o patrón es el más recomendable para fabricar cualquier tipo de producto.

-Objetivos prácticos:

- Examinar los errores que pueden suceder cuando se trabaja con arena.
- Poner en práctica todo lo aprendido en clases teóricas.
- Empezar a familiarizarse con las herramientas que aquí se utilizan.



3.3. TRABAJO ESPECÍFICO REALIZADO

En este apartado se va a hacer la enumeración de las tareas llevadas a cabo durante la realización del proyecto. Cada una de las tareas se clasificará en uno de los siguientes grupos:

- ▲ Investigación.
- ▲ Estudio.
- ▲ Diseño.
- ▲ Maquetación.
- ▲ Compras.

Las tareas realizadas durante el proyecto son:

- **Tarea 1:** Documentarme sobre procesos productivos de fundición con molde de arena. (Investigación).
- **Tarea 2:** Búsqueda de proyectos similares. (Investigación).
- **Tarea 3:** Estudio de guías y manuales para el manejo de Solid Edge V20. (Estudio).
- **Tarea 4:** Realización de tutoriales de Solid Edge V20. (Estudio).
- **Tarea 5:** Cálculos de piezas según material disponible. (Estudio).
- **Tarea 6:** Dibujado de los subconjuntos de las piezas en 3D en Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 7:** Ensamblaje de los subconjuntos para formar las piezas finales con Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 8:** Convertir diseño de 3D a 2D para hacer los planos, usando Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 9:** Acotación de las piezas de 2D, usando Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 10:** Cálculo de volumen de arena. (Estudio).
- **Tarea 11:** Cálculo de dimensiones de piezas según el cálculo de volumen de arena. (Estudio).



- **Tarea 12:** Investigación de herramientas a utilizar en la fabricación de las piezas. (Investigación).
- **Tarea 13:** Estudio del diseño a realizar para el correcto montaje de piezas. (Estudio).
- **Tarea 14:** Modificar los subconjuntos 3D realizados en Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 15:** Modificar ensamblajes de piezas, utilizando Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 16:** Realizar nuevos planos de las piezas, usando Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 17:** Búsqueda de herramientas necesarias para completar equipamiento didáctico técnico. (Información).
- **Tarea 18:** Compra de aquellas herramientas que no se encuentran en la Universidad. (Compras).
- **Tarea 19:** Metrología de las piezas una vez fabricadas. (Estudio).
- **Tarea 20:** Modificar subconjuntos, añadir y quitar aquellos que no se encuentran en la fabricación final, utilizando Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 21:** Modificar ensamblajes quedando exactamente como las piezas fabricadas, usando Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 22:** Convertir los nuevos dibujos de las piezas 3D en 2D, usando Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 23:** Acotar los planos en 2D, utilizando Solid Edge V20. (Diseño).
- **Tarea 24:** Realización de pruebas prácticas con todo el equipamiento didáctico. (Estudio).
- **Tarea 25:** Analizar posibles mejoras en el equipamiento según las pruebas realizadas. (Estudio).
- **Tarea 26:** Realizar reportaje fotográfico del proceso de producción. (Diseño).
- **Tarea 27:** Búsqueda de información sobre procesos productivos



con molde de arena y tipos. (Investigación)

- **Tarea 28:** Redactar guión de prácticas, con reportaje fotográfico incluido. (Diseño).
- **Tarea 29:** Maquetación del guión. (Maquetación).
- **Tarea 30:** Aprender funcionamiento de programa para realizar videos, llamado "Debut Video Capture Software". (Investigación).
- **Tarea 31:** Redacción de la memoria del proyecto. (Diseño).
- **Tarea 32:** Maquetación de la memoria del proyecto. (Maquetación).

Además de las tareas, durante la realización del proyecto se han realizado reuniones con el director del proyecto, a las que llamaremos seguimientos, consistentes en toma de decisiones en cuanto a la orientación y realización del proyecto.

- ◆ **Seguimiento 1:** Día 22 de Noviembre del 2011 → Establecer tema del proyecto y primeras actividades a realizar.
- ◆ **Seguimiento 2:** Día 20 de Diciembre del 2011 → Establecer pautas a seguir a la hora de diseñar.
- ◆ **Seguimiento 3:** Día 04 de Enero del 2012 → Ampliación del proyecto al incluir guión para prácticas.
- ◆ **Seguimiento 4:** Día 14 de Febrero del 2012 → Entrega de planos para la fabricación.
- ◆ **Seguimiento 5:** Día 24 de Abril del 2012 → Terminación de fabricación de piezas.
- ◆ **Seguimiento 6:** Día 10 de Mayo del 2012 → Revisión final de memoria y de guión de prácticas.



3.4. DOCUMENTACIÓN GENERADA

La documentación que se genera en este proyecto es la siguiente:

- Una primera forma de diseño que pueden tener las piezas del equipamiento didáctico técnico.
- Una segunda forma de diseño de éste.
- Un guión de prácticas.

Dicha documentación se encuentra recogida en los anexos siguientes:

- ◆ Anexo 2 → Los planos de la primera forma de diseño.
- ◆ Anexo 3 → Los planos de la segunda forma de diseño y la fabricada para nuestro equipamiento didáctico técnico.
- ◆ Anexo 4 → Guión de prácticas.

En el primer documento se recogen todos los planos indispensables para la fabricación de las piezas que incluye el equipamiento didáctico técnico. Aunque no sea el que se ha fabricado y tenga otras medidas de piezas diferentes, este nos puede servir para hacernos idea de otro tipo de fabricación diferente. Ya que el montaje de los conjuntos se efectúa de otra manera que al que se realizó. El montaje se caracteriza porque los modelos de la pieza se intercambian en la placa, según el molde que deseemos realizar. Lo único que le falta a estos planos son las patas que debería tener la placa por la parte inferior, para que ésta quedara en alto y fuera sencilla la unión de los cajones con la placa, ya que cada ranura se encuentra en una parte del conjunto diferente.

El segundo modelo contiene todos los planos de como se han realizado todas las piezas del equipamiento. La ventaja de éste respecto al otro es que los modelos de las piezas se encuentran siempre unidos a la placa y eso evita una pérdida de tiempo en montaje y desmontaje. Aunque a la hora de



I llenar uno de los cajones también arrastramos el otro.

El guión es un documento que genera una información teórico-práctica, en éste se hace una breve introducción sobre los distintos procesos de producción del metal que existen dependiendo del molde, ésta es una información que hará que los alumnos recuerden y se inicien al tema de la práctica. Como el caso práctico es el proceso de producción de fundición en molde de arena, se han querido explicar las características generales de éste. Así los alumnos leyendo el guión deberían saber realizar los pasos para cualquier tipo de molde de arena. A continuación, se mencionan los distintos tipos de modelos y de patrones que existen, así como la colocación de éstos. Todo lo anterior se refiere a la parte teórica, en la que debería ser sólo recordatorio para los alumnos por ser algo que se ve en las clases teóricas o se da ya por sabido.

A lo que me refiero con caso práctico del guión es a la descripción de como debe realizarse la práctica para fabricar el reductor de tubería, éste se ha hecho de dos maneras distintas, una de ellas solo redactada y otra con reportaje fotográfico, de esta manera cualquier persona que no supiera nada sobre procesos de fundición con molde de arena sería capaz de realizar la práctica y conseguiría fabricar el reductor de tubería.

4. DIFICULTADES Y DESVIACIONES RESPECTO A LA PLANIFICACIÓN

Durante la realización del proyecto aparecieron algunas dificultades, aunque todas se fueron solventando en mayor o menor medida.

La primera dificultad con la que me encontré al comienzo del proyecto fue que el campo de los software dedicados al diseño 3D era un terreno totalmente desconocido para mi, por lo que en primer lugar tuve que



documentarme acerca de esta herramienta de trabajo como es Solid Edge V20, tanto leyendo manuales como viendo videos. Luego procedí a realizar tutoriales del mismo programa para aprender los conceptos básicos. A continuación se mencionan las dificultades que me surgieron:

- En un principio, la instalación de Solid Edge V20 (versión utilizada) no finalizaba correctamente y cada vez que se apagaba el ordenador (con sistema operativo Windows 7), el programa se volvía a desinstalar.
- El software del programa está en inglés, empleando vocabulario técnico que es difícil de comprender. Así que los tutoriales se hacen complicados.
- Dentro de los tutoriales que vienen con este programa, no hay uno específico para aprender hacer ensamblajes de forma directa y por tanto, se tuvo que emplear más tiempo en ello.
- Es un programa en el que es difícil situar los puntos con gran precisión a la primera, lo que provoca pérdidas de tiempo en la realización de éstos, para que los ensamblajes se produzcan de forma correcta.
- En esta versión de Solid Edge cuando se produce un cambio horario ó pasa un periodo de tiempo sin ejecutarse, no te permite abrir los archivos guardados y para poder abrirlos es necesario cambiar el día de la computadora a un día cercano al último de modificación del archivo que deseemos abrir.

La mayor dificultad que se tuvo a la hora de realizar el proyecto fue el correcto diseño del equipamiento, ya que la gran dificultad fue el posicionamiento que deberían tener cajones, placas y modelos para que la práctica fuera realizable.

En cuanto a las desviaciones respecto a la planificación, se retraso un



poco a causa de la tardanza en el envío de materiales para la fabricación del equipamiento y a la falta de tiempo del director del proyecto para fabricar éste, aunque esto no ha impedido la ejecución de otras tareas. También es cierto que se tuvo que modificar dos veces el diseño del equipamiento hasta su diseño final.

También se aumento el volumen de tareas a realizar, cuando se me comentó que para ampliar el proyecto se debería realizar un guión del caso práctico del proceso productivo por fundición con molde de arena.

Finalmente y como se ha podido ver, el proyecto ha estado orientado a la preparación de un equipamiento didáctico técnico para la realización de una práctica de proceso de producción con molde de arena.

5. DEDICACIÓN

La dedicación a este proyecto ha sido aproximadamente de 400 horas alternando jornadas a tiempo parcial con jornadas a tiempo completo, ya que el comienzo del mismo dio lugar a finales de noviembre del dos mil once, cuando se empezó con la realización de la reunión que marcó las primeras pautas del proyecto y el comienzo de las tareas asignadas, y finalizó con la redacción de la memoria el día 14 de mayo del dos mil doce.

6. CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES ADQUIRIDAS

Las habilidades adquiridas durante la realización del proyecto han sido muchas a nivel formativo, a continuación se hace enumeración de las mismas:



- Manejo de Solid Edge V20, en el modelado de partes (Solid Part), en el de ensamblajes (Assembly) y en el dibujado en 2D (Drawing).
- Conocimientos de capacidad para pasar de figuras 3D a 2D y viceversa.
- Aprendizaje del proceso productivo de fundición con moldes de arena.
- Aprender a diseñar las piezas teniendo en cuenta su posterior montaje.
- Aprender a diseñar las piezas en función de las herramientas normalizadas, que harán posible su fabricación.
- Conocimientos prácticos de realización de un proceso productivo de fundición con molde de arena.
- Manejo de programa para realizar videos, para ello se utilizó Debut Video Capture Software.

7. CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO

En este apartado se describen los logros obtenidos de la realización del proyecto, además de las posibles ampliaciones que se podrían aplicar sobre los trabajos ya realizados, y una serie de conclusiones personales a las que se ha llegado tras la finalización del proyecto.

7.1. CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO

En primer lugar empezare por comentar las conclusiones a las que he llegado respecto al trabajo realizado. La conclusión más importante a la que se puede llegar del resultado del desarrollo del proyecto, está relacionada



con haber cumplido los objetivos que se fueron proponiendo a lo largo del proyecto, que como ya se ha comentado en otros apartados es el de la realización de un equipamiento didáctico técnico para que los estudiantes de Ingeniería de la Universidad de Zaragoza puedan realizar un caso práctico de proceso de producción de fundición con molde de arena.

De este modo, los alumnos dispondrán de un guión práctico y de todas las herramientas necesarias para realizar el caso práctico, y de esta manera poder apreciar aquellos detalles que no hayan visualizado durante el periodo de clase teóricas.

7.2. CONCLUSIONES PERSONALES

Con respecto a las conclusiones personales decir que colaborar con este departamento y con el director en particular de este proyecto me ha resultado una experiencia muy grata, ya que se me ha ofrecido la oportunidad de trabajar con un software de diseño 3D como es Solid Edge V20, y que se han obtenido conocimientos en un campo que en mi titulación concretamente no se ve y el cual me puede abrir una puerta a la incorporación a la vida laboral como Ingeniero.

Quiero decir que el proyecto ha sido una experiencia muy positiva para mí, ya que adquirido muchos conocimientos y habilidades. Sobre todo he aprendido a dibujar piezas y ensamblar estas en un sistema CAD 3D. El cual aparte de ser muy útil, me ha resultado muy entretenido.

También comentar que me ha gustado el trabajo realizado puesto que se ha depositado en mí una responsabilidad de elaborar un equipamiento y un material para que los compañeros como yo, es decir, que aun se encuentran en periodo de formación puedan realizar un caso práctico de un proceso de producción por fundición con molde de arena.



Este proyecto me ha ayudado a analizar los problemas que pueden suceder antes de realizar un diseño, y me ha enseñado que tengo que tener en cuenta cuales van a ser los métodos de fabricación de las piezas, así como las herramientas que se vayan a tener que utilizar para la fabricación de éstas.

Por último, decir que para mí ha sido una de las experiencias con las que más me he sentido realizado desde el comienzo de la carrera, ya que podré comprobar que realmente mi esfuerzo ha merecido la pena y no es algo que resulta en vano, puesto que también contribuirá a la formación de alumnos en un futuro próximo.

7.3. LÍNEAS FUTURAS

Este es un proyecto que se puede seguir desarrollando por varias vías diferentes. Una de ellas podría ser la ampliación de nuevos equipamientos didácticos técnicos, ya que sólo un equipo reduce el número de alumnos en los grupos de prácticas.

Otra ampliación sería cambiar de un modelo dividido con placa a un modelo sólidó, para ello solo necesitaríamos de nuestro equipamiento los cajones, pero los alumnos podrían examinar las dificultades que supone crear el plano de separación en este modelo así como la inclusión de los bebederos y los sobraderos en dicho plano. Para realizar este método se deberían fabricar bebederos y sobraderos más altos y grandes. De esta manera los alumnos podrían comparar las dificultades que entrañan el emplear un modelo u otro.

También se podrían desarrollar unas modificaciones en el modelo a lo que a la posición de bebederos y sobraderos se refiere, para poder analizar



las diferencias que se pueden apreciar al verter la colada por un lado u otro.

Se podrían fabricar nuevos modelos diferentes para poder intercambiarlos en la placa y así poder crear varios tipos de piezas distintas, las cuales tuvieran diferentes complicaciones a la hora del vertido, para analizar y examinar los posibles fallos que se pueden apreciar con este modelo de producción.

Otra de las vías por donde se podría continuar, es en la preparación de clases prácticas en las que se les enseñara a los alumnos el software del que dispone la Universidad actualmente para la realización de simulaciones de procesos de producción con moldes de arena, así los alumnos tendrían una formación previa con la simulación de ésta y luego podrían realizar el caso práctico.

8. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco al departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación y concretamente a Jesús Casanova, por ofrecerme la posibilidad de realizar este proyecto y tener en mí la suficiente confianza para llevarlo a cabo.

En segundo lugar agradezco a mis padres la ayuda y el esfuerzo que me han prestado siempre para completar mis estudios, así como a toda mi familia que siempre han estado ahí apoyándome y animándome en los momentos difíciles.

También me gustaría agradecer a todos los compañeros que he conocido durante estos años de carrera. Pero en especial a David, Rubén,



Jesús y Álvaro que me han ayudado, apoyado y soportado durante toda mi vida universitaria. Que me han dado muchos, grandes y buenos momentos juntos y sobre todo que sin ellos habría sido imposible llegar hasta aquí.

Por último me gustaría agradecer a todos mis amigos, que pese a que no les he podido ver mucho durante las clases y sobre todo durante la época de exámenes, siempre han estado ahí ayudándome en todo lo que he necesitado y siendo un gran apoyo moral.

Por todo esto, muchas gracias a todos.