

# INDICE

INDICE .....		I
1. INTRODUCCIÓN: .....		1
1.1. Primer contacto: .....		1
1.2. Ubicación de la empresa: .....		1
1.3. Capacitación: .....		2
1.4. Planteo de necesidades: .....		3
1.5. Enfoque técnico: .....		6
1.6. Elucidación del proceso: .....		8
2. DESARROLLO: .....		9
2.1. Parámetros de corte: .....		9
2.2. Revisión del programa de CNC utilizado para la realización de la rótula: .....		11
2.3. Fuerzas en las que se basarán el cálculo de la M.H.: .....		13
2.4. Relevamiento del torno revolver: .....		14
2.5. Modelando un prototipo: .....		16
2.6. Cálculo y selección de las guías lineales de bolas recirculantes: .....		18
2.7. Diseño del Porta boquillas: .....		21
2.8. Diseño de los soportes de los rodamientos: .....		22
2.9. Ubicación de los tornillos de potencia y sus tuercas: .....		24
3. CONCLUSIONES: .....		26

	<b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
	<b>Diseño de Máquina CNC</b>			Ingeniería Electromecánica
<b>Informe</b>			Fecha: 17/04/2015 Legajo: 4254 HOJA N° 1	V° B°

# **Prácticas Profesionales Supervisadas**

## **Informe**

Diseño de Máquina CNC

### **1. INTRODUCCIÓN:**

#### **1.1. Primer contacto:**

Durante la búsqueda de una PPS el Ing. Cristian Troncoso, en la empresa donde trabajaba comunicó a sus pares que su hermano había rendido su última materia; y en ese momento buscaba la posibilidad de realizar las PPS en una empresa local.

Un compañero de trabajo, el técnico Franklin Díaz conocía sobre la necesidad de pasantes en la empresa DOMINI S.R.L. Dicha persona facilito el contacto telefónico del Ing. Eduardo Chiaramonti, Ingeniero a cargo del sector de Diseño y Gestión de calidad en la empresa.

El Ing. Chiaramonti comunicó sobre la existencia de dos puestos para practicantes, en el sector de desarrollo y diseño. Posteriormente se acordó una visita, donde se explicaron las tareas a realizar para dicha PPS.

En lo que respecta al segundo puesto para practicante, comuniqué a un compañero de estudio Hebert Piazze que se encontraba en la misma situación, accediendo a la propuesta.

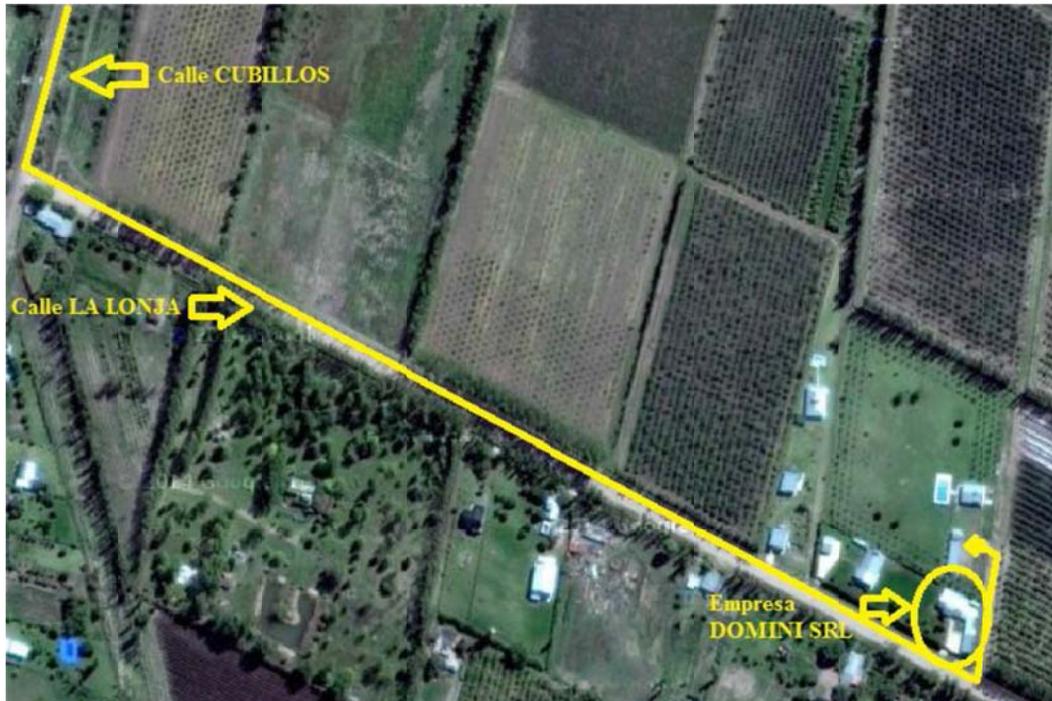
Luego se presentaron las propuestas ante la cátedra de PPS. Las mismas fueron aceptadas y comenzaron a realizarse los trámites pertinentes, para efectuar las Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) en la empresa DOMINI S.R.L. Posteriormente se estableció la fecha de inicio de las PPS.

#### **1.2. Ubicación de la empresa:**

La empresa DOMINI S.R.L se ubica en el distrito de Rama Caída, en calle La Lonja s/nº a unos 250 metros de calle Cubillos, a la altura del 2,5 km aproximadamente. Es un predio en donde se encuentran fincas en sus alrededores y en el fondo del terreno están las cabañas, anteriormente está el estacionamiento de la empresa.

La entrada se encuentra al lado derecho de la empresa y de ahí se llega al estacionamiento, el ingreso a la empresa se realiza por la parte trasera y también hay una entrada por medio de un portón en frente de la calle La Lonja.

	U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°	
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 1		



Ubicación de la empresa.

### **1.3. Capacitación:**

Al comienzo nos comentaron la posibilidad de una capacitación en Sistemas de Gestión de Calidad, ambiente laboral e Inteligencia emocional como factor de integración en las organizaciones; ofrecidas por el Ingeniero Omar Rivas (especializado como Gestor de RRHH).

Dicha fue realizada durante el transcurso de las PPS, realizada en aproximadamente 20 hs. Más allá de agradecerle al Ing. Omar Rivas por el tiempo otorgado, también nos compartió su experiencia profesional.

Logrando explicar detalladamente la teoría de las Normas ISO 9001 (Gestión de calidad), ISO 14001 (Gestión Ambiental) y OHSAS 18001 (Gestión de Seguridad e Higiene) y la explicación de normas en medicina ISO 13.485 y ensamblarlo con la prácticas y las experiencias profesionales como Gestor de Calidad en diferentes empresas.

Posteriormente concluyó con la explicación de Inteligencia Emocional y su importancia como factor de integración en las organizaciones. Sabiendo que cada operario posee un nivel de capacidad restándole las interferencias, que existen en el ambiente laboral como las propias de la persona.

Por último nos realizó un examen para determinar nuestros niveles de Inteligencia Emocional y dándonos los resultados y consejos para el día de mañana afrontar nuestra profesión.

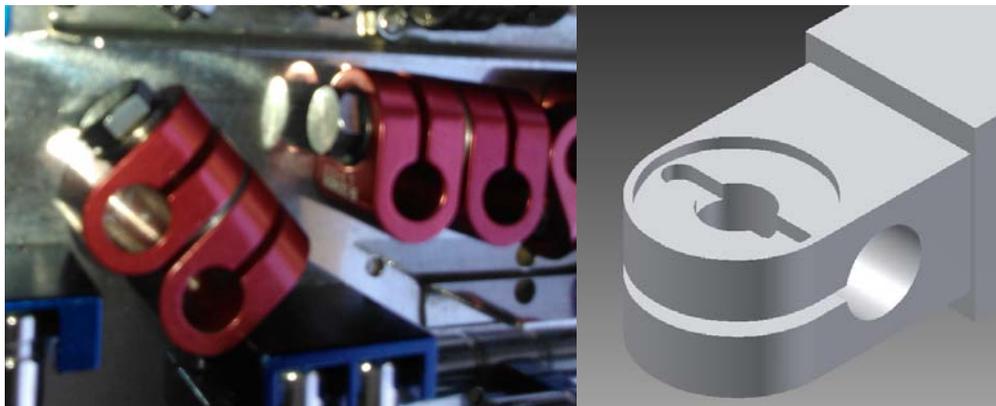
	U.T.N. <u>F.R.S.R.</u>	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
				Ingeniería Electromecánica
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>		Fecha: 17/04/2015	V° B°
			Legajo: 4254	
			HOJA N° 2	

#### **1.4. Planteo de necesidades:**

Al llegar a la empresa nos presentamos al Sr. Alfredo Garibaldi, Presidente de la empresa. Se nos explicó las principales directivas de nuestro trabajo y como se realizaba la organización empresarial.

Posteriormente comenzaron a comunicarnos sus necesidades. El presidente de la empresa inició la charla planteando la necesidad de diseñar una máquina CNC con el objeto de fabricar, en forma automática una pieza, denominada rótula tubo-tubo. Dicha pieza, en su proceso de fabricación, fue evolucionando con el correr del tiempo, debido a condiciones de resistencia mecánica y diseño para lograr una mejora continua de calidad la misma.

La rótula tubo-tubo es un componente de implante quirúrgico externo, con el objeto de guiar y mantener unidas las partes de la fractura, sujetándose de las corticales del hueso. Con ello acelera el proceso de soldadura para que él mismo logre aproximarse a su estado inicial.



Rótula tubo-tubo.

En la fotografía anterior, se logra observar la rótula tubo-tubo que se encuentra en una caja de acero inoxidable previamente esterilizada. Dicho herramental se entregan al traumatólogo o al cirujano que se encargará de realizar la operación, con todos los elementos necesarios para llevar a cabo el procedimiento.

	U.T.N. <u>F.R.S.R.</u>	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°	
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 3		



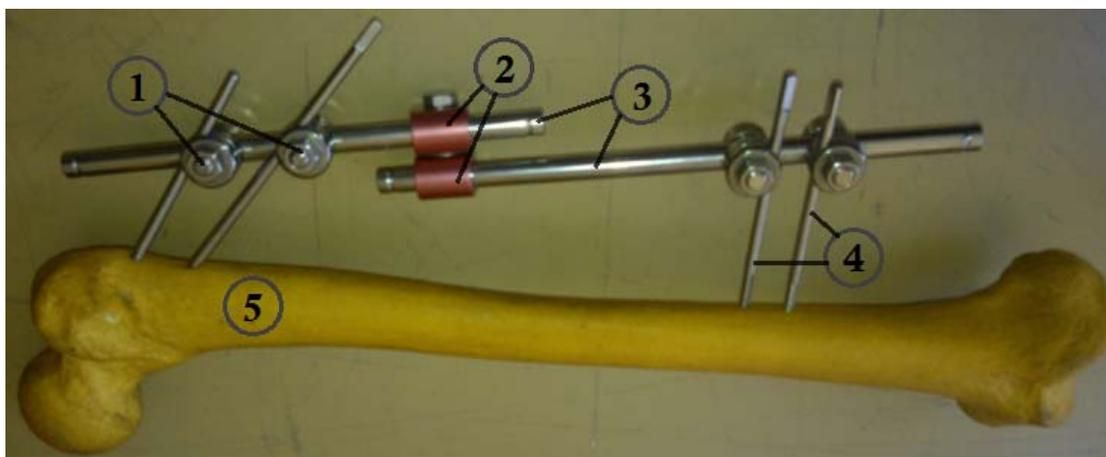
Fotografía de un implante de fémur.

Como se puede ver en la fotografía anterior, el implante de fémur consta de diferentes componentes: la rótula tubo-clavo, la **rótula tubo-tubo**, tubos y clavos.

Se realiza una operación de taladrado a ambos lados de la fractura o lesión, para luego atornillar los clavos encargados de transmitir los esfuerzos del tutor al hueso.

Posteriormente se colocan rótulas y tubos, cuyo largo debe ser adecuado a las dimensiones del hueso y los diferentes tipos de fractura. Luego por medio de dispositivos encargados de producir compresión/tracción en el hueso, se orientan las partes quebradas para aproximarlas a su estado original, favoreciendo la soldadura ósea.

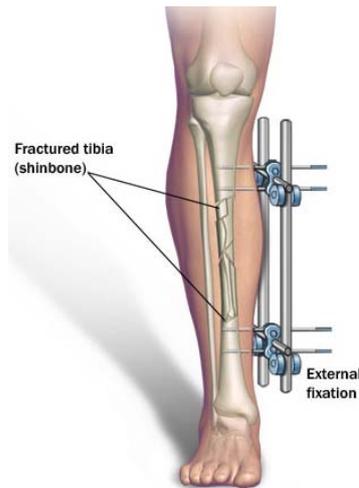
Finalmente se procede a la fijación de rótulas y tubos, las cuales inmovilizan la zona afectada.



Componentes de un implante de fémur: (1) Rótula tubo-clavo; (2) Rótula tubo-tubo, (3) Tubos; (4) Clavos, (5) Fémur.

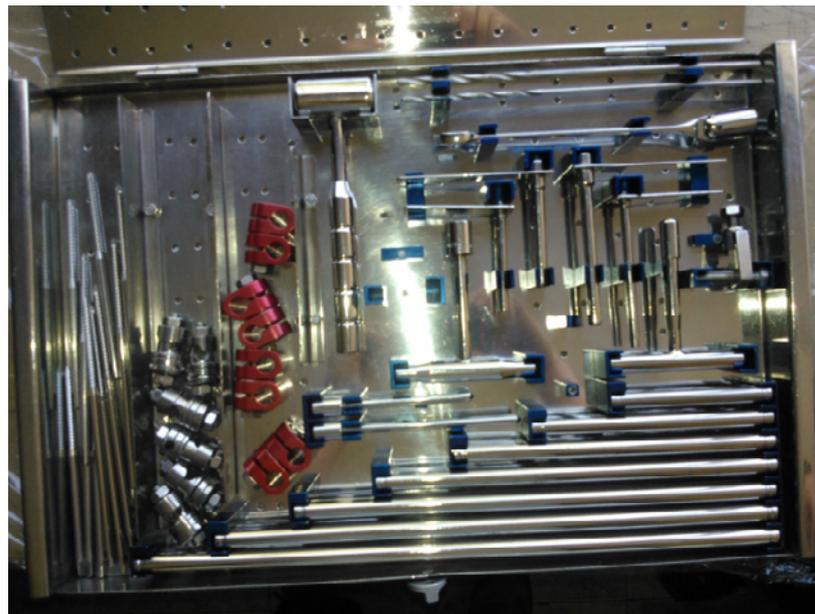
	<b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015		V° B°
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 4		

Este tipo de implante es de fijación externa; se utiliza como tutor para fracturas y/o lesiones en otros huesos ubicados en las extremidades; como por ejemplo tibia-peroné, húmero, cúbito y radio, además de aquellos huesos que se encuentran en las articulaciones de muñeca y hombro.



Fijación externa de Tibia.

Este implante de fijación externa es entregado por la empresa al cirujano en un maletín de acero inoxidable, que cuenta con clavos y tubos de diferentes tamaños además de un kit de instalación.



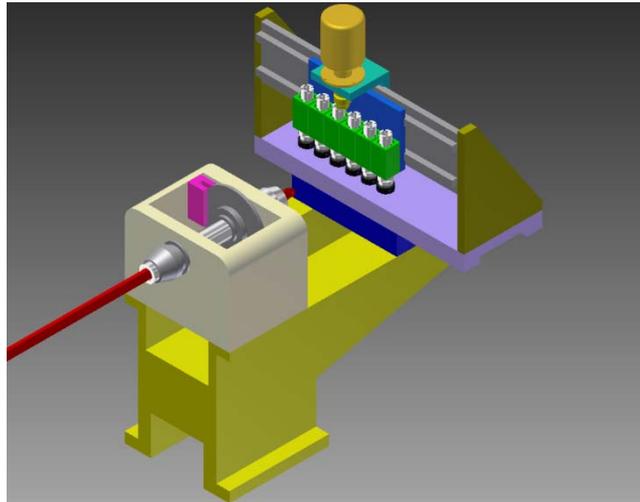
Kit de implantes quirúrgicos.

Es preciso detallar que todos los productos elaborados por empresa DOMINI S.R.L. son abalados por el ente regulador de la ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica), organismo descentralizado de la Administración Pública Nacional, perteneciente al Ministerio de Salud.

	<b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazzo, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015		V° B°
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 5		

### 1.5. Enfoque técnico:

En este día el Sr. Garibaldi junto con el Ing. Chiaramonti nos explicaron sobre sus ideas en el diseño preliminar del centro de mecanizado; pretendido para realizar la rótula tubo-tubo.



Prototipo preliminar.

En un principio se pretendía utilizar un torno antiguo como base, pero éste presentaba el problema de que su husillo era demasiado pequeño frente a las dimensiones del material utilizado (barra cuadrada de aluminio de una pulgada de lado).

Se debía tomar la decisión de utilizar éste modificando su husillo, o comprar otro con las dimensiones necesarias. Se prefiere la segunda opción.

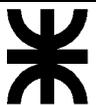
El husillo en realidad cumplirá la función de un cuarto eje, cuyos movimientos serán giros de 90° y la fuerza motriz será proporcionada por un motor PAP. Como el motor no posee freno, se deberá diseñar uno capaz de resistir los esfuerzos producidos durante el mecanizado del material.

La idea del freno se ve plasmada en la imagen anterior, dicho consiste en un freno de disco acoplado al cuarto eje.

Se pretende que la máquina en cuestión posea un sistema de abastecimiento continuo y automático.

El husillo se reubicará de modo que su eje sea vertical, se colocará sobre los carros de desplazamiento longitudinal.

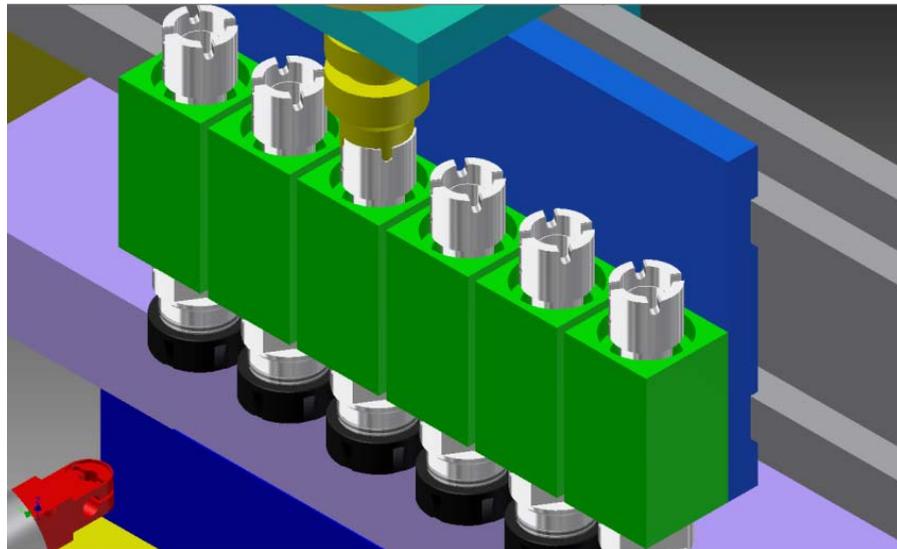
Se desea que el torque sea entregado al husillo por un motor PAP, debido a su versátil control, al momento del cambio de herramienta, debido a que se necesita un movimiento lento y preciso. Sin embargo existen limitaciones tanto en su potencia como en su velocidad angular al momento de

	U.T.N. <u>F.R.S.R.</u>	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°	
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 6		

mecanizar. De ser insuficientes estos parámetros, se deberá optar por un motor de inducción con control de velocidad.

El diseño tendrá ejes de desplazamiento longitudinal, que ocuparan los primeros tres ejes del control CNC, y brindarán movimiento en el espacio de la herramienta de corte.

Además se adoptará un quinto eje, que cumplirá la tarea de desplazar un carro porta-herramienta, vinculado al carro de desplazamiento vertical. La necesidad de éste consiste en tener un selector de herramientas de corte, para realizar diferentes procesos de mecanizado.



Carro porta-herramientas.

La idea consiste en disponer seis herramientas de corte diferentes. Para esto se planteó utilizar como pinza de sujeción un dispositivo extensor, que se produce el acople con el porta-pinza.

Se procura realizar un sistema para el cambio de herramientas, con la posibilidad de acople y desacople del husillo respecto del porta-pinza.

Se utilizan sistemas a bolas recirculantes tanto en guías o bancadas como en tornillos sin fin, encargados de transmitir movimientos a los carros.



Sistemas a bolas recirculantes.

	<b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015		V° B°
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 7		

### 1.6. Elucidación del proceso:

En esta jornada, el Presidente, junto con el Ing. Chiaramonti, nos recomendaron hablar con el operario Pablo Osorio; encargado de realizar la programación de los CNC, en el cual se realiza la producción de los implantes quirúrgicos. Posteriormente de que se desocupó de sus operaciones, nos comenzó a explicar sobre la puesta a punto del centro de mecanizado.

Unos de los puntos importantes previo cargar el programa, se determina los ceros de máquina y pieza, son las referencias que necesita la máquina para poder trabajar.



Consulta al operario Pablo Osorio.

Al respecto, el Ing. Chiaramonti nos comentaba como el programa **Match 3\*** se posicionaba en el espacio de trabajo de la máquina a desarrollar. En primer lugar se debe determinar un punto espacial, donde la máquina se va a posicionar cada vez que sea encendida, este punto se llama HOME. El mismo se obtiene con fines de carrera convenientemente ubicados.

Por motivos de seguridad, tanto de la máquina como de los operarios y demás equipos, deben considerarse seis puntos más, como los límites funcionales de la máquina, y deben ser diferentes a los del HOME. Son muy necesarios, porque son los que van a evitar colisiones entre las diferentes partes de la misma, así como descarrilamientos por un mal cálculo del recorrido de uno de los carros calculados en el código CNC cuando se programa el mecanizado. De todas maneras cada vez que se carga un nuevo programa, se lo puede simular sin material y muy lentamente para ver si hay errores en la programación; pero en ocasiones por falta de tiempo esta importante operación no se realiza, por lo que el último recurso es la detención de la máquina cuando se alcanza uno de estos límites. El mismo al igual que el HOME, se obtiene con 6 fines de carrera estratégicamente ubicados.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 8	

\*Mach3 es un paquete de software que corre sobre una computadora y lo vuelve en un controlador de máquinas herramientas muy poderoso y económico.

## 2. DESARROLLO:

### 2.1. Parámetros de corte:

En los siguientes nos propusimos investigar sobre las distintas operaciones que realizaban sobre el material, las propiedades del material y las herramientas que serían utilizadas durante los mecanizados. Todo para determinar las fuerzas implicadas durante los diferentes mecanizados, y así abordar el diseño de la máquina solicitado.

Primeramente el Sr. Garibaldi nos informó del material a utilizar. El mismo es **Aluminio Camplo**, que lo compran en barras cuadradas de una pulgada de lado. Algunos datos del material nos lo proporcionaron en la empresa y otros tuvimos que investigarlos en internet.

A continuación mostramos las propiedades más relevantes del material:

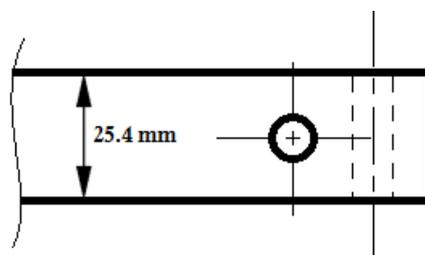
Datos del material: Aluminio Camplo

Resistencia a la tracción:	$K_z := 40 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$
Límite de elasticidad:	$L_e := 25 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$
Alargamiento:	$Alarg := 5\%$
Dureza Brinell:	$Db := 120$
Módulo de elasticidad:	$E_{\text{camplo}} := 7500 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$
Presión específica de corte:	$k_s := 4 \cdot K_z = 160 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$

Seguidamente, nos comentó sobre el total de operaciones que pretendía que la máquina realice. Las mismas son muy similares a las que realizan con la maquinaria actual, solo que todas las operaciones se realizarán en una sola máquina excepto los acabados finales, que se realizan a mano, como el rebordeado o limado de cantos vivos.

#### **Primera operación:**

Es una operación de taladrado, en la que se realizan dos agujeros a 90°, con una mecha de un diámetro de 9 mm.

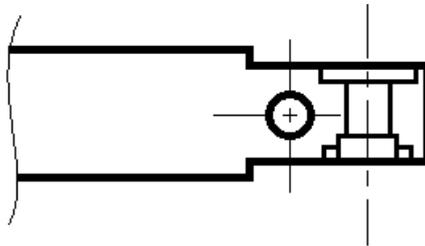


	<b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015		V° B°
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 9		

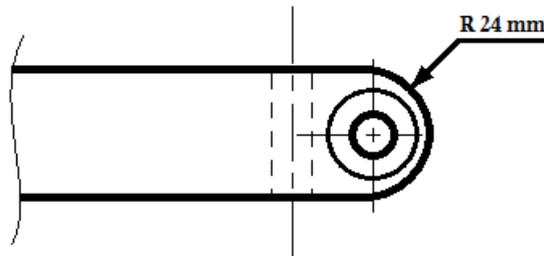
### Segunda operación:

Es una operación de fresado, en la misma se realizan seis sub-operaciones con una misma fresa de 10 mm de diámetro.

- Se rebajan dos caras paralelas a 18 mm, normales al agujero más externo.
- Se realiza un rebaje en torno al agujero más externo, de 22,22 mm de diámetro para la ubicación de una arandela de acero inoxidable en la cara superior.
- Similar a la anterior, pero el rebaje es para una arandela de menor diámetro, 16 mm en la cara inferior.
- En la misma cara de la sub-operación anterior se realiza otro rebaje de diámetro de 10 mm, ya que la arandela es escalonada.
- Se aumenta el diámetro del agujero a 11 mm.



- El cuarto eje rota 90° y se realiza un fresado circular sobre toda la cara externa paralela al mismo agujero de 24 mm.



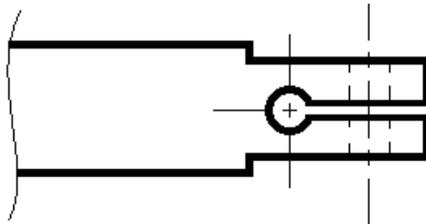
### Tercera operación:

Se vuelve a rotar el cuarto eje a la posición inicial y se realiza una operación de alesado, para llevar el agujero a sus dimensiones finales, correspondientes al diámetro del tubo de 11,25 mm.

### Cuarta operación:

Con un disco de corte, de un diámetro de 40 mm, se realiza un corte como el que se puede observar en la figura.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 10	

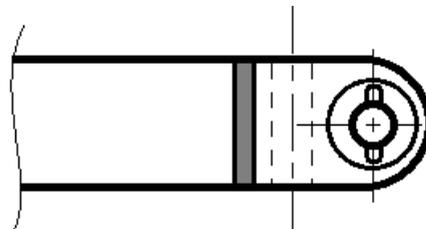


**Quinta operación:**

Con la pieza en la misma posición se realiza un rebordeado con una herramienta especial.

**Sexta operación:**

El cuarto eje rota 90°, y se cambia por la fresa de 4 mm de diámetro, para realizar un ranurado, que será un chavetero que evita que la arandela superior rote en su recinto. Además se realiza un corte parcial para dejar la pieza con todos los mecanizados posibles en esta máquina.



**Séptima operación:**

Existe una operación más, pero no es de mecanizado; sino que se utilizara un perno de avance, que calzará en uno de los agujeros, para que una vez que el cuarto eje libere a la barra de aluminio, pueda jalar de él y producir la alimentación automática de material.

Los datos que podemos obtener de aquí son de extrema importancia, pues los tamaños de las herramientas de corte tienen directa relación con las potencias insumidas en los mecanizados, las diferentes velocidades de rotación del husillo (velocidades de corte), las distintas velocidades y fuerzas de avance de los diferentes carros.

También nos brinda información vital para la separación entre las distintas herramientas de corte, ya que por el sistema de selección adoptado, todas se encuentran en un mismo plano; y si no se tiene especial cuidado, podemos encontrarnos con interferencias de una herramienta mientras se mecaniza con otra.

**2.2. Revisión del programa de CNC utilizado para la realización de la rótula:**

El operario encargado de la producción de las rótulas tubo-tubo es Pablo Osorio, y el mismo fue el encargado de programar el código ISO. Por lo que el próximo paso lógico era hablar con él y sacarnos las dudas al respecto; así que pedimos permiso y nos dirigimos a la planta de producción

	U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
				Ingeniería Electromecánica
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>		Fecha: 17/04/2015	V° B°
			Legajo: 4254	
			HOJA N° 11	

cuando fue oportuno. Nos explicó paso a paso como fue programando el mecanizado, por lo que entendimos, nunca se preocupó en los esfuerzos que demandaría el mismo; y con razón, pues la MH con la que lo realiza es de gran potencia, para mecanizados de mucha mayor importancia en lo que a desbaste me refiero. Las operaciones son exactamente las mismas descritas en el punto anterior, solo que con herramientas de mayor tamaño en algunas operaciones. De todas maneras a nosotros no nos interesaba que herramientas utilizaba, pero si su diámetro, las velocidades de corte y de avance.

Aquí podemos ver un extracto del programa de Pablo:

- T1 (Fresa 63 mm) – S580 rpm – F 150 (F = avance en mm/min).  $E_{\text{corte}}$ : 3.2mm.
- T2 (Mecha 9 mm) – S1000 rpm – F25 – F200.
- T3 (Fresa 10 mm) – S2000 rpm– F100 – F200.
- T4 (Alesador) – S1200 rpm– F350.
- T6 (Sierra) – S500 rpm– F50.
- T7 (Fresa 4 mm) – S3500 rpm– F100.

Tomamos todos estos datos y calculamos la potencia de mecanizado, los momentos y fuerzas implicadas en algunas de las operaciones, al menos las que insumen más esfuerzo, los datos que podrían ser clave para el diseño son:

- Velocidad de corte de la fresa 63mm: 720 m/min.
- Potencia de corte: 320 W.
- Fuerza de corte: 27 N.
- Par de corte: 0.85 J.
- Trabajo de corte: 31.7 J.
- Resistencia al avance: 37.5 N.

Como podemos ver, las fuerzas implicadas no son extraordinarias, pero estos datos pueden ser engañosos; ya que las fuerzas se ven reducidas por la alta velocidad de corte, que se debe a que la fresa que utilizan para los desbastes gruesos es de 63 mm de diámetro. Si recordamos lo que nos comentó Alfredo Garibaldi, en la máquina a diseñar, este trabajo se realizará con una fresa de 10 mm, por lo que las velocidades de corte, avance y espesores cambiarán.

Para calcular las fuerzas que realmente aparecerán en el mecanizado, recurrimos a las recomendaciones de corte del libro Tecnología Mecánica de Pascual A. Pezzano.

Solamente evaluamos los mecanizados que consideramos más exigentes o que implicarían el mayor esfuerzo, como lo son el fresado frontal, el fresado periférico y el taladrado. Los resultados fueron bastante más influyentes que los antes calculados:

**Fresado frontal:**

- Velocidad de corte: 100 m/min.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 12	

- Potencia de corte: 392 W.
- Fuerza de corte: 235 N.
- Par de corte: 1.18 J.
- Trabajo de corte: 7.4 J.
- Resistencia al avance: 333 N.

**Fresado periférico:**

- Velocidad de corte: 100 m/min.
- Potencia de corte: 1.2 kW.
- Fuerza de corte: 710 N.
- Par de corte: 3.5 J.
- Trabajo de corte: 22.2 J.
- Resistencia al avance: 1 kN.

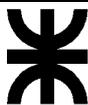
**Taladrado:**

- Velocidad de corte: 100 m/min.
- Potencia de corte: 76 W.
- Par de corte: 1.3 J.
- Resistencia al avance: 262 N.

Como podemos ver, las fuerzas son bastante más importantes que las implicadas en la M.H. actual. También hay que tener en cuenta que estas fuerzas están obtenidas considerando que las herramientas de corte están bien afiladas, por lo que las fuerzas deben estar afectadas por un factor de seguridad. Lamentablemente en la bibliografía ni en internet hay información al respecto, por lo que nosotros decidimos afectar las máximas fuerzas de corte y avance por un factor de 2.5 a la hora de diseñar la M.H. Además cumplimos con una consigna muy importante, que es que los motores PAP deben trabajar entre el 40% y el 60% de su capacidad para que no salten pasos y el mecanizado no pierda precisión.

**2.3. Fuerzas en las que se basarán el cálculo de la M.H.:**

- Fuerza máxima en el plano X-Y: 2.5 kN
- Fuerza media en el plano X-Y: 1 kN
- Fuerza máxima en el plano vertical: 1.25 kN
- Fuerza media en el plano vertical: 0.5 kN
- Par máximo de corte: 2 N·m.
- Par medio de corte: 1.2 N·m.

	U.T.N. <u>F.R.S.R.</u>	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
				Ingeniería Electromecánica
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>		Fecha: 17/04/2015	V° B°
			Legajo: 4254	
			HOJA N° 13	

El par de corte, no se ve afectado por el factor, ya que es un motor asincrónico trifásico. En realidad tiene picos más altos de par, pero son solo picos, y el motor será capaz de absorberlos.

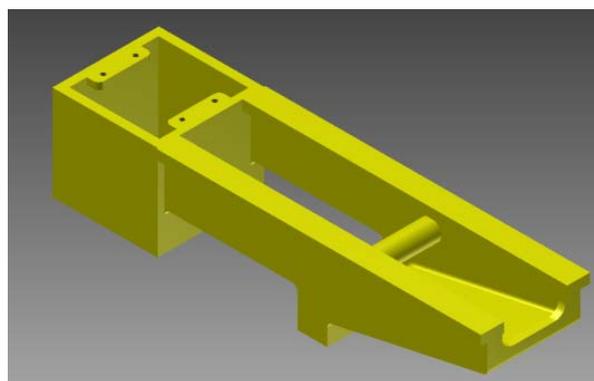
**2.4. Relevamiento del torno revolver:**

El Sr. Alfredo Garibaldi es el que tuvo la idea de diseñar esta máquina herramienta. En internet vio un antiguo torno revólver, que tanto su tamaño como su husillo tenían las dimensiones aproximadas a las que se necesitaban para el proyecto; por lo que tomó la decisión de comprarlo. Cuando recibió el mismo, y verifico las dimensiones se dio cuenta de que las especificaciones de venta no eran las reales, sino que el husillo era muy chico para alojar el material, o sea la barra cuadrada de **Aluminio Camplo** de 1 pulgada de lado. Por lo que al proyecto se le sumó el diseño de un nuevo husillo.

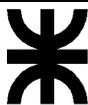


Torno Revólver. Vista lateral y frontal.

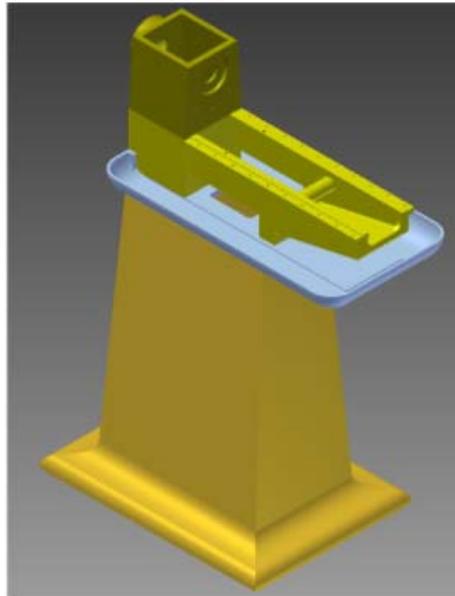
En primer lugar, decidimos relevar la máquina ensamblada. Rápidamente detectamos que las bancadas estaban muy deterioradas, por lo que se deberían rectificar.



Bancadas.

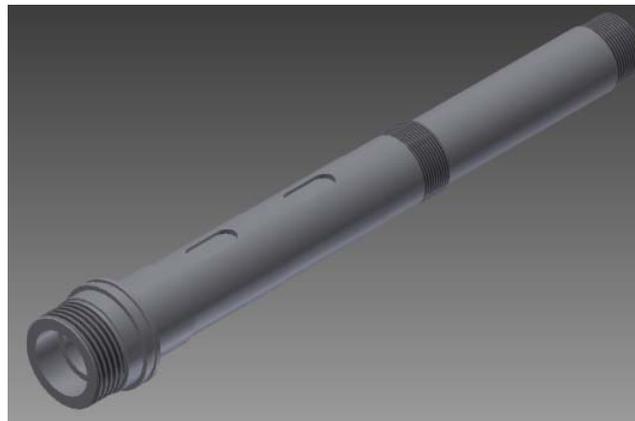
 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 14	

Las medidas importantes, o sea de las que depende el buen desempeño de la máquina, son las medidas de las bancadas, la separación entre ellas y la distancia al eje del husillo. Por ello son las que croquizamos con el mayor cuidado. Las demás medidas hacen a la vista del modelo y son menos relevantes pero no menos importantes. Por lo que también tuvimos mucho cuidado al medirlas.



Modelado del torno revólver.

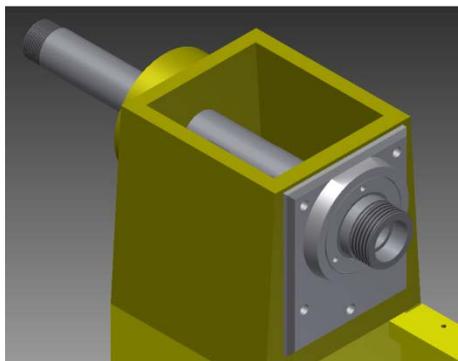
Más adelante decidimos desarmar el husillo y tomar todas sus medidas, verificar los rodamientos y medir todos los alojamientos. Así como también medir el eje del husillo. Los rodamientos estaban en excelentes condiciones, y el Sr. Garibaldi constató que el husillo tenía un buen desempeño, por lo que decidió utilizarlo y abandonar la idea de diseñar uno nuevo.



Eje hueco del husillo del torno.

Sabiendo que la barra de aluminio no iba a entrar en el eje del mismo (el diámetro interno del eje es de 33 mm y la diagonal de la barra es de 35.92 mm), se verificó si limando la barra sería posible usarlo, el análisis fue satisfactorio.

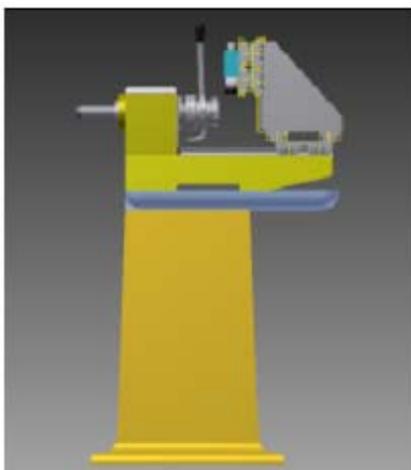
 <b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	<b>V° B°</b>
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 15	



Modelado del husillo.

### **2.5. Modelando un prototipo:**

Para tener una idea aproximada de las fuerzas y momentos que actuarán sobre las guías, se pensó primero en realizar un modelo prototipo, con las dimensiones aproximadas o no, al modelo final para así poder hacer una selección de las mismas y después verificarlas en el modelo final.



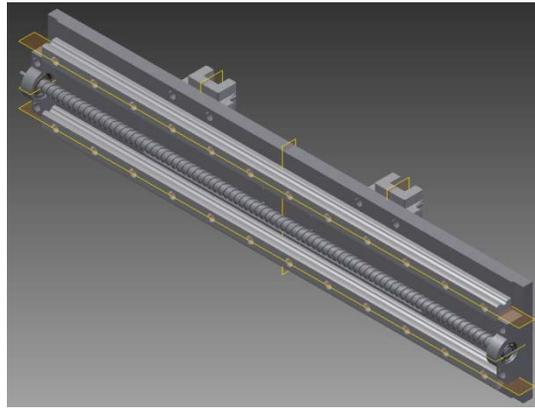
Primer prototipo.

El primer prototipo era demasiado ancho, y no nos brindaba espacio suficiente para mecanizar en el plano principal de corte y por otro lado, no nos dejaba lugar para efectuar el abastecimiento continuo, por lo que hubo que modificarlo. Por otro lado, en el plano vertical, el recorrido posible estaba sobredimensionado, por lo que se corrigió.

Si bien esta máquina tiene como tarea principal mecanizar las rotulas tubo-tubo, existe la posibilidad de que en un futuro se la utilice para otros mecanizados. Esta idea surgió durante las primeras semanas de diseño, por lo que también debemos buscar que la M.H. sea versátil y tenga recorridos más amplios, con lugar para mecanizar diferentes piezas. Una de las ideas es hacer un mecanizado a cerrojos de clavos endomedulares.

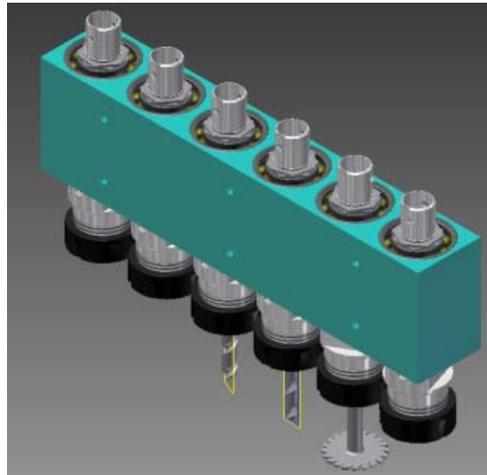
	U.T.N. <u>F.R.S.R.</u>	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
				Ingeniería Electromecánica
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>		Fecha: 17/04/2015	V° B°
			Legajo: 4254	
			HOJA N° 16	

Se modeló el carro selector de herramientas, y este se ha conservado hasta la fecha, debido a que cumple satisfactoriamente sus funciones. Se verificó que durante los diferentes mecanizados, no hubiera interferencias de las herramientas con partes de la máquina o la pieza que se mecaniza.



Carro vertical y guías del carro portaherramientas.

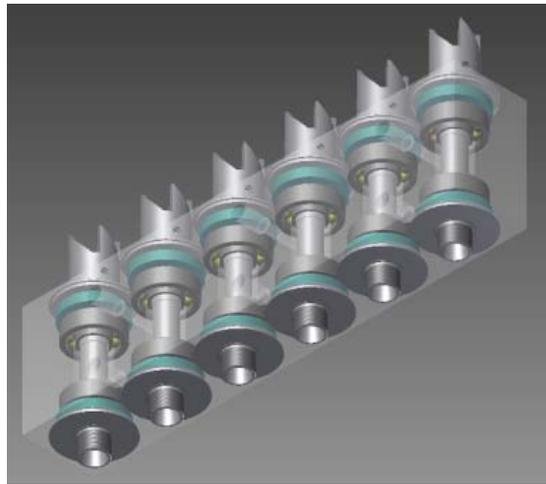
No sucedió igual con el portaherramientas, que si bien cumplía perfectamente su función, sus partes móviles estaban muy expuestas a suciedad y a las virutas del mecanizado.



Porta herramientas antiguo.

Por lo que se rediseño completamente, con retenes y tapas para evitar que la suciedad ingrese a los rodamientos, pues éstos nos daban muy poca vida según los cálculos de SKF:

 <b>U.T.N. F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazzese, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	<b>V° B°</b>
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 17	



Porta herramientas rediseñado.

### **2.6. Cálculo y selección de las guías lineales de bolas recirculantes:**

Antes de comenzar el cálculo mediante el catálogo que nos facilitaron en la empresa, me puse en contacto con **Lineartec** (empresa que proveyó el catálogo a Domini SRL) por correo electrónico, y respondieron rápidamente. Les consulte mis dudas sobre la selección de las guías, como calcularlas y disponibilidades en Argentina.

Leandro Martino, asistente de ventas de Lineartec, nos facilitó una guía de Información general, con recomendaciones sobre el cálculo, diseño, montaje, alineación, etc.

Aquí expongo una completa guía de cálculo de Hiwin, que nos proporcionó una ayuda para la determinación del tipo de bloque a utilizar, así como del tipo de guías. En la mayoría de los cálculos de las guías seguimos estas indicaciones, pero en otros, la misma no ofrecía una solución que se aplicara a nuestro diseño, por lo que decidí omitir algunos de sus pasos y adoptar una configuración según creí conveniente.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 18	

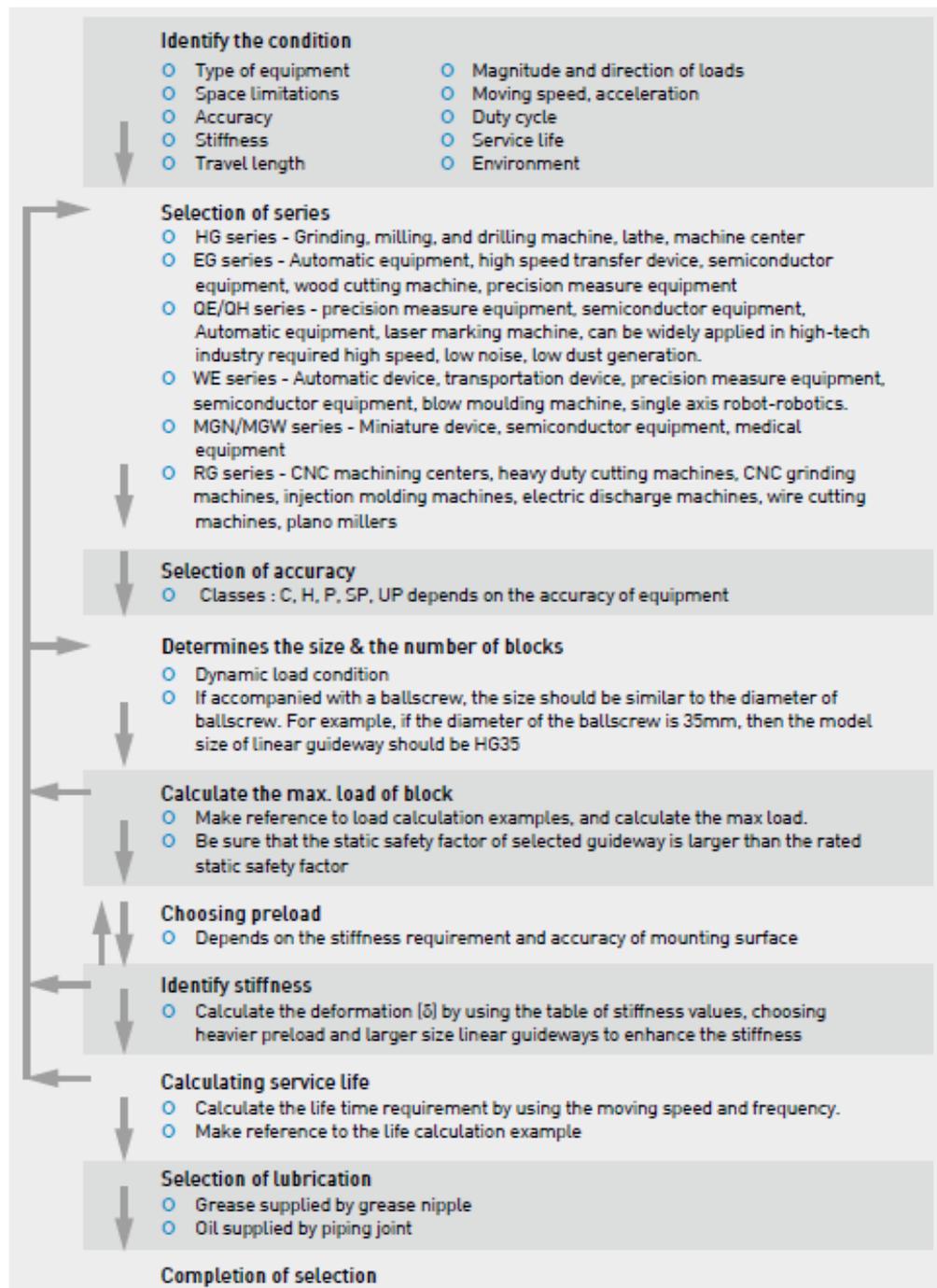


Diagrama de flujo.

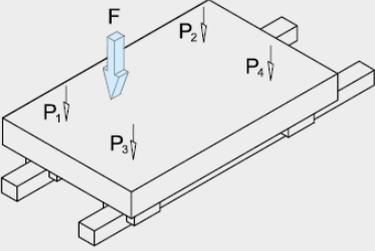
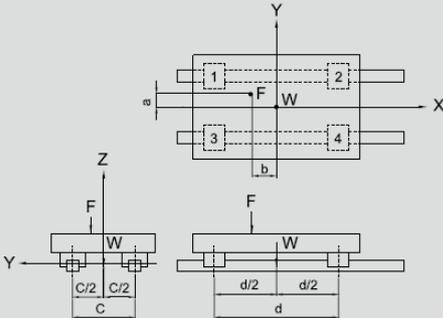
Por ejemplo no determinamos el número de bloques como lo recomienda la guía, sino que desde un principio determinamos que todos los carros tendrían cuatro bloques; pues es una configuración sencilla, y versátil. Además nos deja lugar para luego ubicar el husillo de bolas recirculantes encargado de entregar la fuerza motriz lineal, para el movimiento de cada carro.

Elegí la SERIE HG, que es la serie para mecanizados (milling), cuya precisión es mayor a la que nos puede dar un motor PAP.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 19	

Para la selección del bloque, la guía ofrece diversos casos de disposiciones (Horizontales, verticales, planos inclinados, etc) para determinar las fuerzas sobre cada uno, aquí dejo un ejemplo de uno de ellos:

Table 1-3 Calculation example of loads on block

Patterns	Loads layout	Load on one block
		$P_1 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \cdot a}{2c} + \frac{F \cdot b}{2d}$ $P_2 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \cdot a}{2c} - \frac{F \cdot b}{2d}$ $P_3 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \cdot a}{2c} + \frac{F \cdot b}{2d}$ $P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \cdot a}{2c} - \frac{F \cdot b}{2d}$

Ejemplo de cargas actuantes sobre el bloque.

Tras el cálculo, como los esfuerzos no son grandes, la guía más chica verificaba ampliamente (Con un factor mayor a 10). Sin embargo, el Sr. Garibaldi nos pidió que utilizemos una guía incluso mayor, que es la que están utilizando actualmente en una agujereadora profunda, diseñada por él mismo, que también funciona con el mismo software. El motivo es que pretende tener un solo tipo de guías y bloques de recambio para el mantenimiento de ambas máquinas.

Finalmente el bloque seleccionado es: HGW25CA.

Leandro Martino nos facilitó un modelo CAD de la guía y bloque, pero el mismo presento dos problemas.

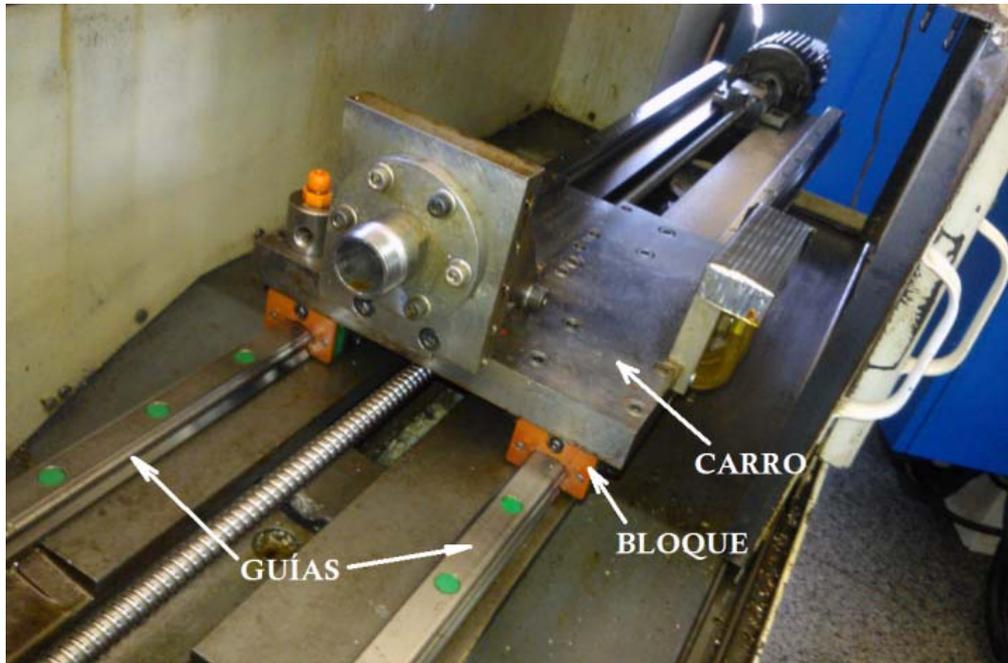
En primer lugar, el modelo era fijo, o sea no nos permitía tener movimientos en el modelo de nuestra máquina, y el largo de la guía no se podía modificar, y era de unos pocos centímetros. Por lo que tuve que modelarlos desde cero, pero con menos detalles.

En segundo lugar, el modelo correspondía al bloque HGW25CB, la diferencia radica en la dirección de cómo se fijan los tornillos al bloque y donde se ubican las roscas. En este caso, la rosca la debería tener el carro, no así el bloque. Por lo que procedimos a diseñar los carros con esta directiva. Le presentamos el avance en el diseño a Alfredo y rápidamente notó un problema. Básicamente radica en la dificultad a la hora de montar toda la máquina. El problema fue detectado un poco tarde, pues hubo que rediseñar todos los carros.

No solo presentaba la dificultad de montaje, sino que encarecía la matricería, ya que casi todos los agujeros de los carros deberían ser roscados.

A modo de ejemplo Alfredo nos mostró la máquina diseñada por el, la agujereadora profunda, y utilizaba los carros que él nos recomendó. Así que reorientamos el diseño en base al suyo.

	<b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015		V° B°
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 20		



Agujereadora profunda.

Aquí dejamos un mail respondido por Leandro Martino, donde nos explicó la diferencia:

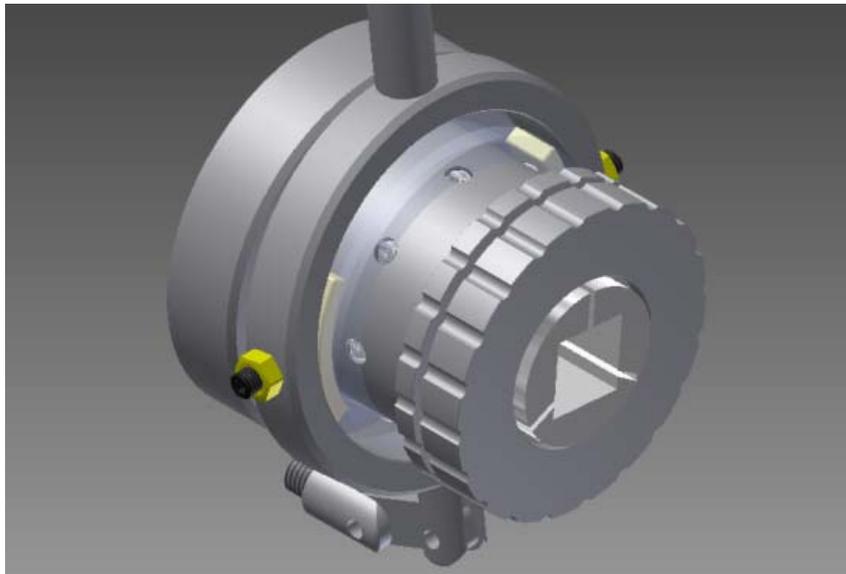
La sigla "CA" significa que los agujeros de fijación del carro son para montar con rosca desde arriba, cuando es "CB" la rosca es de abajo y cuando es "CC" es que la rosca es tanto de arriba como de abajo; a los fines prácticos, en caso de que sea CA o CB es lo mismo.

En ninguna parte de la guía ni del catálogo explicaba la diferencia, por lo que pensé que era la única forma de montaje. Y claramente CA o CB no es lo mismo.

**2.7. Diseño del Porta boquillas:**

Del diseño del plato portaboquillas se encargó Alfredo. Si bien su diseño es manual, tendremos la tarea de automatizarlo. La idea básica es mediante un cilindro neumático.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 21	



Porta boquillas.

**2.8. Diseño de los soportes de los rodamientos:**

Carro longitudinal:

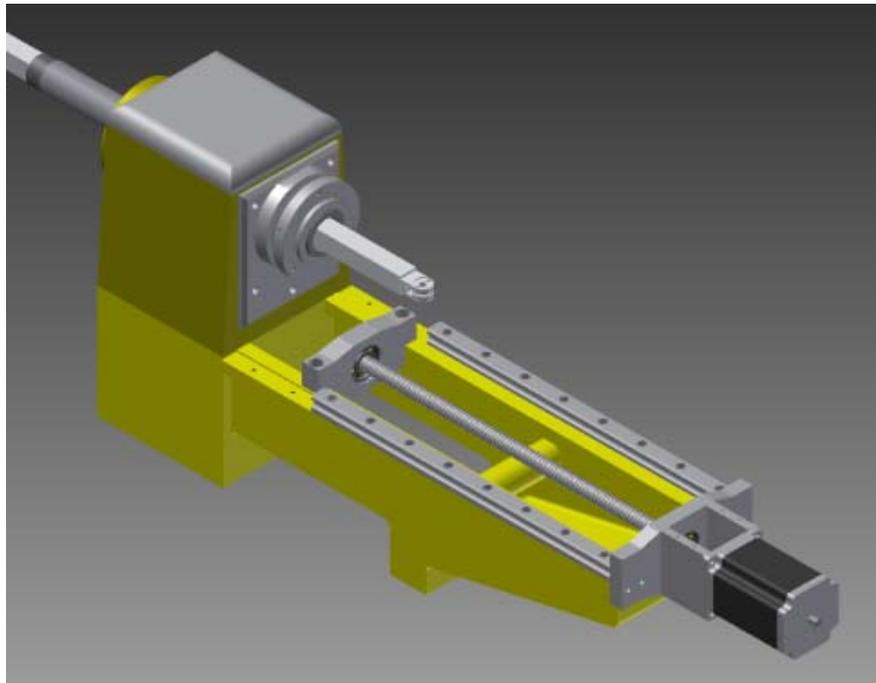
Para la selección de los motores PAP, se utilizó una guía, con la que obteníamos el torque necesario tanto como para realizar los desbastes como para mover las masas inerciales. En base a esto se diseñaron todos los tornillos de bolas recirculantes y se seleccionaron los motores y se calcularon y diseñaron sus soportes.

A modo de verificación yo utilice un cálculo simplificado, basado simplemente en la geometría y la física del sistema, mediante una hoja de cálculo. Rápidamente me di cuenta que los motores estaban muy sub dimensionados, incluso sin considerar las masas inerciales. Por lo tanto decidimos empezar de cero y recalculamos todo.

El cálculo inicial, nos exigía que el torque del motor debía ser de 0.5 N·m, cuando en realidad el torque mínimo a 100 rpm debía ser de al menos 4 N·m. Por lo que se seleccionó del catálogo un motor con tales características (*Motor PAP Fulling Motor FL863P97-01*). En base a estos datos se diseñaron los soportes, se seleccionaron los rodamientos adecuados, los acoplamientos backlash y se diseñaron los husillos de bolas (los asientos, ajustes, etc). Todo se modeló en Inventor e implemento en el modelo.

El mismo día pregunte sobre la disponibilidad del motor mediante correo electrónico, y Lineartec me responde al día siguiente, con la mala noticia que justo ese motor no está comercializando en Argentina. Me ofreció el modelo siguiente, pero con un torque de 7 N·m, con lo que las fuerzas implicadas casi se duplican, por lo que los soportes no verificaban como tampoco lo hacían los rodamientos. Y hubo que recalcularlos una vez más, y modificar los diseños.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 22	



Soportes del tornillo de bolas longitudinal.

Para la fijación de los soportes se utilizarán bulones métricos, con tamaños que van desde M6 a M10, en todos los casos utilizamos Clase 4.6.

Para asegurar los rodamientos en su alojamiento utilicé dos medios, el primero es el ajuste de la cubeta externa del mismo con su soporte y en segundo lugar decidí colocar seguros de tipo Seeger

Carro transversal:

Como este carro y el longitudinal, son los que trabajarán el plano X-Y, ambos tienen que tener las mismas capacidades de mecanizado, por lo que los soportes se encuentran bajo las mismas cargas. Y tuvimos exactamente los mismos problemas que en el caso anterior.

Carro vertical:

Las cargas sobre este carro son inferiores a las cargas de los casos anteriores, por lo que el tornillo de potencia y los soportes son de menor tamaño.

Se deberá esperar a que el diseño general esté terminado para evaluar si será necesario poner un freno sobre este tornillo de bolas; ya que el peso de los carros y motores tanto del selector de herramientas como del husillo pueden forzar al mismo a girar y descender bruscamente cuando la máquina deje de funcionar. No es algo que afecte al desempeño en sí de la máquina cuando esta mecaniza, pues siempre que el tornillo no rota, el motor está en modo freno (holding Torque). También se ha pensado la idea de programar el CNC cuidando que al final del programa se contemple que el carro vertical se estacione en su punto más bajo.

	<b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
			Ingeniería Electromecánica	
Informe	Diseño de Máquina CNC	Fecha: 17/04/2015		V° B°
		Legajo: 4254		
		HOJA N° 23		

### **2.9. Ubicación de los tornillos de potencia y sus tuercas:**

Como mencioné más arriba, los tornillos de bolas recirculantes se ubican entre los carros (verticalmente) y entre los bloques (en el plano horizontal), como es de imaginarse los espacios son reducidos, el mismo está determinado por la altura del bloque y la guía montados. En todos los casos el espacio disponible era menor que el necesario para montar las tuercas el soporte de las mismas.

El lugar necesario no es para el tornillo, sino que lo es para las tuercas y su soporte y fijación a cada carro.

Existen varios tipos de tuercas. Rexroth, que es la línea que trabaja Lineartec tiene 6 modelos de tuercas, de los cuales nosotros consideramos entre tres los más aptos para nuestro diseño.

En primer lugar y la más utilizada es la tipo embridada, la misma tiene la ventaja de su fácil montaje y una forma de fijación muy sencilla. La cilíndrica es la menos voluminosa y esta es su principal ventaja en nuestro caso. El inconveniente es que su fijación es más complicada, por lo general con un sistema de aprisionamiento y chavetero. Por último la tuerca roscada tiene quizás la mejor combinación entre tamaño y versatilidad, pues es sencilla de instalar y si bien no es tan pequeña como la cilíndrica, su tamaño es aceptable.

Para una elección final, decidimos realizar pruebas en el modelo de inventor y ver cual se desenvolvía mejor. Rápidamente nos encontramos con problemas a la hora de diseñar el soporte para la tuerca cilíndrica. Ya que el mismo es voluminoso le da mayor tamaño al sistema tuerca-soporte.

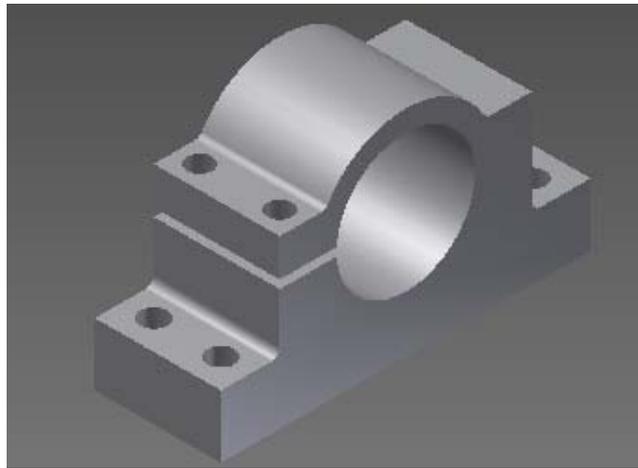


Tipos de tuercas: a\_ Embridada. b\_ Cilíndrica. c\_ Roscada.

Para lograr montarlo sin interferencias en los movimientos relativos entre los carros debimos hacer varias modificaciones, donde algunos son fresados complejos, pero no imposibles.

La tuerca roscada, que si bien en un principio era de mayor tamaño, por la simplicidad de su sistema de fijación, el soporte de la misma es mucho más pequeño, por lo que termina ocupando menos lugar.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 24	



Soporte de una tuerca cilíndrica.

Si bien, están diseñados los dos tipos de soportes, decidimos utilizar tuercas roscadas en vez de cilíndricas por los motivos recién explicados.

Debido a los problemas que comentamos en el punto de “cálculos de soportes”, aquí también tuvimos que hacer modificaciones, pues al cambiar los tamaños de los tornillos y rodamientos, las posiciones de todos los ejes cambiaban, y debíamos hacer modificaciones en cada uno de ellos. Con esto perdimos muchas horas, pues es realmente complicado ubicar espacialmente los mismos para evitar colisiones o superposiciones de diferentes partes, y hay que realizar innumerables mediciones para cerciorarse de que esto no suceda.

 <b>U.T.N.</b> <b>F.R.S.R.</b>	<b>Prácticas Profesionales</b> <b>Supervisadas</b>	Nombre: Piazze, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	<b>V° B°</b>
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 25	

### **3. CONCLUSIONES:**

Al ingresar a la empresa en mi primer día de prácticas ya tuve una muy buena primera impresión. Un excelente trato y relación laboral dentro de la empresa. Además de muy buena comunicación tanto lateral como verticalmente.

En el área de ingeniería, donde realicé mis prácticas como diseñador; noté que mi preparación al menos en las ramas mecánica, electromecánica y electrónica son muy buenas, pues no tuvimos problemas conceptuales a la hora de desenvolvernos como profesionales. Además se vio enriquecida en varios aspectos prácticos, sobre todo en los campos de aplicación de la mecánica, como con técnicas de medición, acabados, ajuste y demás; que ayudan a tomar muy buenas decisiones y buenas elecciones a la hora de seleccionar o diseñar algo y abaratar costos.

En la rama informática la empresa utiliza los mismos softwares que nosotros hemos utilizado en nuestra carrera, por lo que me sentí muy cómodo. Sobre todo con el software Autodesk Inventor 2012, que es con el que trabajé la mayor parte de mis prácticas en el diseño de la máquina. Probablemente esto se deba a que el ingeniero de la empresa a cargo del sector de desarrollo también fue estudiante en nuestra universidad.

En cuanto a la comunicación, que yo pensaba que era uno de mis puntos débiles, no tuve ningún problema; podría decirse que hablamos el mismo idioma (técnicamente). En parte se debe a la política de calidad de la empresa y a la gestión de recursos humanos; pues el Ingeniero Omar Rivas quien se encuentra a cargo del sector, cree que este es uno de los condicionantes de mayor peso en el éxito o fracaso de la misma como tal. Con él aprendí mucho sobre gestión de calidad y relación laboral. Incluso me dio varios consejos para la empresa familiar donde trabajo, que se desempeña en el área comercial, y hemos tenido algunos problemas en lo que a relación laboral respecta.

Finalmente creo, que a pesar de que las horas de prácticas se vieron superadas, el saldo es positivo, pues he adquirido muchos conocimientos, sobre todo en las áreas de gestión empresarial y relaciones humanas, que me ayudaran tanto en mi empresa así como también en cualquier lugar donde me toque desenvolverme como persona y como profesional.

 U.T.N. F.R.S.R.	<b>Prácticas Profesionales Supervisadas</b>	Nombre: Piazza, Hebert Jonatan	
		Ingeniería Electromecánica	
<b>Informe</b>	<b>Diseño de Máquina CNC</b>	Fecha: 17/04/2015	V° B°
		Legajo: 4254	
		HOJA N° 26	