

# Desarrollo del sistema experto

## 1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

La elección de una determinada tecnología de impresión a la hora de comprar está sujeta a numerosas cuestiones relacionadas con el uso que se le va a dar al equipo, la velocidad de respuesta deseada, la calidad esperada, factores económicos, etc. Requiere tiempo y esfuerzo investigar las tecnologías disponibles en el mercado y decidir en base a las características que posee cada equipo, aquel que resulte más conveniente según las necesidades.

Los sitios web de las diferentes marcas de impresión a menudo preclasifican sus productos para ayudar al cliente a encontrar el equipo que se necesita, otros simplemente listan los productos disponibles. En todos los casos, el cliente debe saber qué está buscando. Para facilitar la tarea de elección, lo más común es consultar con un vendedor competente en la materia.

Emular un vendedor o recomendador de impresoras es un problema bastante complejo si se lo quisiera desarrollar como una aplicación convencional, además cada experto tiene su opinión sobre cuál es la mejor opción en cada caso para satisfacer al cliente.

### 1.1 Objetivos

El principal objetivo del presente trabajo es diseñar y desarrollar un Sistema Experto online que emule un vendedor de sistemas de impresión, que aconseja a un cliente sobre las características necesarias en impresora o multifunción de acuerdo a las necesidades que el cliente exprese tener, y en base a las características recomendadas, ofrezca de un conjunto de productos disponibles aquellos que más se ajusten.

Un segundo objetivo es la confección de un paquete de software de código abierto con la implementación del sistema.

## 1.2 Requerimientos generales

### 1.2.1 Uso

El sistema debe poder ser accedido a través de un browser. El sistema debe recomendar los equipos de impresión que más se ajusten a las necesidades del cliente. Para determinar las necesidades del cliente el sistema se vale de preguntas en español.

### 1.2.2 Actualización y Mantenimiento

El sistema debe permitir a un usuario autenticado agregar nuevos equipos o modificar los ya existentes. También se debe permitir agregar o modificar las características técnicas posibles de los equipos de impresión.

## 2. ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

### 2.1 Fuentes de conocimiento

La adquisición del conocimiento se llevó a cabo consultando las especificaciones técnicas publicadas por los fabricantes de equipos de impresión y a través de, las interacciones con un experto en el rubro de venta de equipos de impresión para oficina y el hogar, la página web de la empresa del experto<sup>1</sup> y la web de varias marcas de impresoras y multifunción<sup>2, 3, 4, 5</sup>. También se consultaron foros, noticias de tecnología y recomendaciones online publicadas por expertos en medios digitales[1],[2],[3], [4].

### 2.2 Definiciones y conceptos clave del dominio de tarea

#### 2.2.1 Impresora - Multifunción:

Una impresora es un periférico de ordenador que permite producir una gama permanente de textos o gráficos de documentos almacenados en formato electrónico, imprimiéndolos en medios físicos, normalmente en papel o transparencias, utilizando cartuchos de tinta o tecnología láser. Si además de imprimir el equipo cuenta con un escáner y/o fax incorporados, el equipo se denomina multifunción.

#### 2.2.2 Funciones:

Una impresora posee la función de imprimir, pero si el equipo es una multifunción significa que además posee una o más de las siguientes funciones: escanear, copiar, envío de fax, envío digital. El envío digital es la capacidad enviar por mail un documento digital que el equipo tenga en memoria, por lo general como resultado de haber escaneado algo.

<sup>1</sup><http://www.jeanmco.com.ar>

<sup>2</sup><http://www8.hp.com>

<sup>3</sup><http://global.latin.epson.com/>

<sup>4</sup><http://www.xerox.com>

<sup>5</sup><http://www.brother.es/>

### 2.2.3 Tecnologías de impresión:

**Matriz de punto.** Las impresoras de matriz de puntos usan un conjunto de agujas de cabeza redonda que presionan una cinta entintada contra una página. Las agujas (por lo general 9 o 24) están dispuestas en una cuadrícula rectangular llamada matriz; diferentes combinaciones de agujas forman los distintos caracteres e imágenes. Siguen siendo las únicas capaces de imprimir en formulario continuo. No procesan los documentos una página a la vez. En su lugar, trabajan principalmente con un flujo de caracteres ASCII hasta una línea a la vez y, por lo tanto, requieren de búferes de memoria muy reducidos. Como resultado, su velocidad se mide en caracteres por segundo (cps) en vez de en páginas por minuto.

**Inyección de tinta.** Las impresoras de inyección de tinta tienen boquillas diminutas situadas en lo que se llama cabezal de impresión, que esparcen tinta especialmente formulada sobre una página. Existen dos métodos de impresión con inyección de tinta, uno es térmico como la que usa la línea Bubblejet de Canon y HP, en los que diminutos elementos calentadores son usados para expulsar gotitas de tinta desde las boquillas del cabezal. El otro método utiliza la tecnología piezoeléctrica desarrollada por Epson.

**Láser:** Las impresoras láser funcionan creando una imagen electrostática de una página completa sobre un tambor fotosensible con un haz de luz láser. Cuando se aplica al tambor el polvo ultrafino de color, denominado tóner, éste se adhiere sólo a las áreas sensibilizadas correspondientes a las letras o imágenes sobre la página. El tambor gira y se presiona contra una hoja de papel, transfiriendo el tóner a la página y creando la imagen. Esta tecnología es similar a la que utilizan las fotocopadoras. Muchas de las llamadas impresoras láser son actualmente del tipo LED. Estas impresoras reemplazan el haz de luz láser con una disposición fija de diodos emisores de luz (LEDs) para crear la imagen; por lo demás, son similares en desempeño aunque más económicas.

**Tinta Sólida:** Las impresoras de tinta sólida son impresoras de página completa que usan varillas de tinta encerada sólida en un proceso "phase-change" (cambio de fase). Trabajan licuando las varillas en depósitos, y luego volcando la tinta en un tambor de transferencia, desde donde es fusionada en frío en el papel en una sola pasada. Es una tecnología exclusiva de Xerox.

**Sublimación de tinta:** Las impresoras de sublimación de tinta son dispositivos especializados ampliamente usados en aplicaciones fotográficas y de artes gráficas. Estas impresoras trabajan calentando la tinta hasta convertirla en gas. El elemento térmico puede generar diferentes temperaturas, lo que permite controlar la cantidad de tinta que es ubicada en una mancha. En la práctica, esto significa que el color es aplicado como un tono continuo más que como puntos. Un color por vez es depositado en toda la hoja, comenzando con el amarillo y terminando con el negro. La sublimación de tinta requiere de un papel especial particularmente caro, y los tintes están diseñados para difuminarse en la superficie del papel, mezclándose para crear sombras de colores precisas.

**Móvil:** Las impresoras portátiles suministran muchos de

los recursos que ofrecen sus similares, pero son lo suficientemente ligeras como para llevarlas a cualquier parte. Por lo general incluyen una batería recargable, y pueden ser térmicas o a inyección de tinta.

### 2.2.4 Velocidad de impresión:

La velocidad de una impresora suele medirse con el parámetro *ppm* (páginas por minuto), es decir, la cantidad de páginas que puede imprimir en un minuto en determinadas condiciones. Otro parámetro que se utiliza es el de *cps* (caracteres por segundo) adecuado para las impresoras matriciales que aún se fabrican. La velocidad exacta varía según la configuración del sistema, la aplicación de software, el driver y la complejidad del documento. Para poder comparar impresoras de distintos fabricantes basándose en las ppm se definió el estándar ISO/IEC 24734:2009 [5] aplicables tanto a impresoras como multifunciones que pueden imprimir en formato A4.

### 2.2.5 Calidad de impresión:

Uno de los determinantes de la calidad de la impresión realizada, es la resolución que se usa para describir la agudeza y claridad de la salida impresa. La resolución de impresión se mide en dpi (dots per inch) o en español, ppp (puntos por pulgada). Una resolución de "300 dpi" se refiere a que en cada pulgada (2.54 cm) cuadrada, la impresora puede situar 300 puntos horizontales y 300 verticales. Una expresión del tipo "600 x 300 dpi", significa que el primer valor se asume a la línea horizontal y el segundo a la vertical. Otro determinante de la calidad de impresión es el número de niveles o graduaciones que pueden ser impresos por punto, una técnica de capas de color que hace que la oscilación en los gráficos y fotografías sea más difícil de ver. Las impresoras sin niveles de impresión por punto, imprimen cada punto de color en una de sólo dos intensidades (encendido o apagado), con tinta cian, magenta, amarilla o negra. Pueden combinarlas para crear tintas roja, verde y morada, y pueden crear la ilusión de otros colores al distribuir puntos de distintos colores en el papel (cada color se logra siguiendo un patrón determinado). La impresión de multinivel hace posibles más intensidades para cada punto que se imprime, así permite que la impresora utilice menos puntos para crear colores esfumados y hace que sea más difícil ver los patrones.

Máquinas con la misma resolución pueden ofrecer resultados dispares, porque hay que tener en cuenta el tamaño de las gotas que generarán esos puntos por pulgada y ésta varía según la tecnología empleada para llevar a cabo la impresión. Las gotas de tinta se miden en picolitros (1 picolitro es la billonésima parte de un litro  $10^{-12}$ ).

### 2.2.6 Memoria:

La mayoría de las impresoras contienen una cantidad de memoria para almacenar parte de la información que se les va enviando, de forma que la computadora no tiene que estar esperando a la impresora.

### 2.2.7 Conectividad / Interfaces:

La conectividad o conexión refiere a la forma en que la impresora se comunica con el medio, mientras que las interfaces son los conectores que permiten la existencia de una conexión. La forma más antigua de conexión era mediante puerto

serie en donde la transferencia se hacía bit a bit, permitía distancias largas con velocidades lentas que no superaban los 19.200 bytes/segundo. Actualmente una de las formas de conexión puede establecerse mediante puerto paralelo en la que las transferencias eran byte a byte permitiendo 8 conexiones paralelas consiguiendo una velocidad más rápida entre los 0.5 MB/segundo hasta los 4MB/segundo. La longitud del cable que une la impresora con el computador o print server no puede ser mayor a 2 metros.

Otra método de conexión más actual es por medio de puertos USB (Universal Serial Bus).

A algunas impresoras se las puede conectar poniendolas en red Ethernet mediante conexiones RJ 45 basadas en el estándar IEEE 802.3 o vía wifi, mediante el protocolo IEEE 802.11. También como forma de conexión sin cables es a través de Bluetooth.

Los equipos que pueden enviar fax cuentan con una interfaz RJ 11 para poder ser conectados a la línea telefónica.

Existe otro tipo de conexión que se denomina directa y está relacionado con las interfaces para conectar pendrives, tarjetas de memoria o cámaras fotográficas sin la intervención de la computadora.

### 2.2.8 Lenguajes de descripción de páginas:

Hace unos años el texto a imprimir en una impresora era enviado en código ASCII con un carácter indicando bold, itálica, tamaño, etc; y los gráficos eran producidos línea por línea. El problema es que este proceso era muy dependiente del dispositivo y los caracteres raramente estaban en la misma posición con que, aparecían en pantalla. Actualmente se usa un lenguaje de descripción de página (PDL), el cual describe el formato de las páginas, la colocación del texto y los elementos gráficos como mapas de bits o como objetos vectoriales.

Existen muy variados PDLs<sup>6</sup>, los más conocidos son PCL<sup>7</sup> de Hewlett Packard y Postscript de Adobe.

Postscript fue uno de los primeros PDL estándar y multi-plataforma; describe las páginas en forma vectorial en outline, las cuales son enviadas a la impresora para ser rasterizadas<sup>8</sup> en el mismo dispositivo.

PCL es un lenguaje de descripción de página desarrollado por Hewlett-Packard, a principios de los ochenta, para sus impresoras. El PCL se ha convertido en un estándar emulado por muchos otros fabricantes de impresoras. Además del texto real que se imprime, el PCL consta en gran medida de comandos diseñados para accionar diversas características y capacidades de la impresora.

Lenguajes GDI: Algunas impresoras de inyección de tinta o de matriz de puntos no usan ninguno de los PDL "clásicos" (PostScript o HP-PCL), sino que recurren a la computa-

dora para producir la página a imprimir. A estas impresoras se les llama impresoras basadas en el host o servidor de impresora. Algunas variantes de este tipo de impresión incluyen impresoras que usan el motor de la interfaz de dispositivo gráfico (GDI) de Windows para generar la imagen de la página (impresoras GDI) y la línea de impresoras PPA (Arquitectura para Rendimiento de Impresión) de Hewlett-Packard.”[3] Esta característica es importante porque dependiendo de cómo esté diseñada la impresora basada en el host, podría no ser posible imprimir desde sistemas operativos distintos a Windows.

Emulaciones: Decimos que una impresora "emula" cuando admite códigos y modos de funcionamiento de otros modelos o marcas del mercado.

### 2.2.9 Ciclo mensual de trabajo - Volumen de impresiones mensuales recomendados:

Los fabricantes de equipos de impresión, normalmente indican el ciclo de trabajo mensual, que es la cantidad máxima de páginas en un determinado formato que el equipo puede imprimir en un mes sin deteriorarse. Lo recomendado es que al momento de elegir un equipo el cliente elija uno cuyo ciclo de trabajo mensual exceda por mucho a la cantidad de impresiones que se van a hacer por mes. Por eso es que paralelamente, los fabricantes, también indican un volumen de páginas mensuales recomendado que es el que debe usarse para determinar cuál es el tamaño que se necesita.

### 2.2.10 Color

.. Algunas impresoras utilizan dos cartuchos, uno para la tinta negra y otro para la de color, en donde suelen estar los tres colores básicos.

### 2.2.11 Consumibles

<sup>9</sup> En las impresoras matriciales, el mantenimiento es sencillo y normalmente barato, ya que únicamente será preciso cambiar la cinta, que suele durar bastante. El cabezal también se suele considerar como consumible, pero no es algo que se estropee con frecuencia, teniendo una media de vida del orden de años.

En las de inyección, lo que más cambiaremos serán los cartuchos de negro y/o color; el cabezal inyector no suele estropearse, y la mayoría de impresoras implementan sistemas de limpieza y calibrado que permiten ajustar el funcionamiento de las mismas.

Por último, en las impresoras láser el consumible por excelencia es el cartucho de tóner (es decir, la tinta), pero tampoco es extraño tener que cambiar la unidad fotoconductora o el tambor (en algunas máquinas estas dos piezas se engloban en una sola) cada cierto tiempo, siempre según la carga de trabajo que soporte la máquina.

### 2.2.12 Rendimiento - Consumibles

El rendimiento por página indica la cantidad total de páginas que pueden imprimirse con un cartucho. En diciembre de 2006, la Organización Internacional de Estandarización

<sup>6</sup>[http://www.undocprint.org/formats/page\\_description\\_languages](http://www.undocprint.org/formats/page_description_languages)

<sup>7</sup>Printer Command Language.

<sup>8</sup>Convertidas en puntos.

<sup>9</sup>Extraído de <http://www.duiops.net/hardware/impresor/impresor.htm>

(ISO, por sus siglas en inglés) aprobó nuevos estándares para la medición del rendimiento por página de cartuchos de tinta (ISO/IEC 24711) y tóner de color (ISO/IEC 19798) para impresoras. Estos estándares complementan la norma de rendimiento ISO/IEC 19752 para cartuchos de tóner monocromático publicada en junio de 2004.<sup>10</sup>

Estos estándares permiten comparar el rendimiento de cartuchos de distintas marcas.

### 2.2.13 Grandes formatos

Un plotter es un periférico de salida que efectúa con gran precisión, impresiones gráficas que una impresora no podría obtener. Permite imprimir mapas de gran formato, dibujos técnicos, pósters, fotografías en materiales como vinilo adhesivo, lona, papel, etc. Podemos considerar gran formato a todo aquello que vaya más allá de un hoja A3.

## 2.3 El proceso de elección de un equipo de impresión

### 2.3.1 Lista de especificaciones técnicas

A continuación se listan las características técnicas de los equipos de impresión que pueden ser encontrados en los folletos de especificaciones provista por los distintos fabricantes. Dichas características son fundamentales para seleccionar qué modelo de equipo se necesita. Dependiendo del uso que se le va a dar al equipo las distintas características van adquiriendo más o menos relevancia.

- Tipo (impresora / multifunción)
- Tecnología de impresión (laser / inyección de tinta / matriz de punto)
- Color
- Funciones (imprimir / escanear / copiar / envío de fax / envío digital)
- Volumen de impresión recomendado
- Conectividad (usb / puerto paralelo / red ethernet / wifi)
- Lenguajes de Impresión Soportados (GDI / PCL / PostScript / ESC/Page)
- Tipo de papel (normal, fotográfico)
- Tamaño de papel (A4, A5, etc)
- Velocidad de impresión
- Calidad de Impresión
- Cantidad de Memoria
- Duplex automático
- Pantalla táctil
- Impresión en A3

- Cantidad de hojas soportadas en la/las bandejas
- Adicionales (bandejas adicionales)

Otras características a tener en cuenta son:

- Período de garantía
- Precio de los insumos
- Servicio técnico local

### 2.3.2 Entrevista con el experto

En el *Apéndice A* se encuentra el contenido de los intercambios de mails con el experto (vendedor), que han sido dispuestos en forma de entrevista. Usando como guía lo manifestado por el experto hay cuatro características mínimas que considerar para un usuario común y son

uso ( en qué ámbito será usada: oficina / hogar)  
funciones (copiar, imprimir, etc)  
color  
volumen mensual  
conectividad requerida

### 2.3.3 Heurísticas

Directamente de la “entrevista” con el experto extraemos la siguiente lista preliminares de reglas que luego deben ser validadas.

Si es para poco uso y una sola persona ⇒ necesita impresora chica

Si es para imprimir y escanear ⇒ necesita multifunción

Si es para uso corporativo ⇒ necesita impresora de Red

Si no quiere cables ⇒ necesita conexión wireless

Si es fanático de la tecnología ⇒ puede querer imprimir desde el iPod

Si es para altos volúmenes ⇒ el costo del toner es importante

Si el volumen mensual del equipo es menor a 2000 páginas ⇒ la impresora es chica

Si es para una oficina ⇒ necesita laser monocromo

Si es un estudio de arquitectura ⇒ necesita chorro de tinta para A4 o A3 o un plotter

Si es para el hogar ⇒ puede necesitar multifunción barata

Hay ciertos conceptos impresos como *impresora chica*, *alto volumen*, *poco uso*. En el contexto utilizado todos los términos se están refiriendo a la cantidad de páginas mensuales. Algo más con respecto a la palabra *uso* se la puede emplear para manifestar frecuencia de impresión, como para referirse a tipo de documentos a imprimir (fotos, textos, etc).

Otras posibles reglas extraídas de noticias y recomendaciones online podrían ser las siguientes.

<sup>10</sup>[http://www1.lexmark.com/es\\_MX/cartridges-ink-supplies/iso-page-yields/](http://www1.lexmark.com/es_MX/cartridges-ink-supplies/iso-page-yields/),  
<http://isotc.iso.org/livelink/livelink/open/jtc1sc28>

Si se imprimen menos de 30 pag a color  $\Rightarrow$  cartucho único.

Si se imprimen más de 30 pag a color  $\Rightarrow$  cartuchos separados.

Si el uso es doméstico u ocasional  $\Rightarrow$  la velocidad no es relevante.

Si el uso es doméstico u ocasional  $\Rightarrow$  el tamaño de la bandeja no es relevante.

Si se deben imprimir muchas copias  $\Rightarrow$  la velocidad es relevante.

Si se quieren imprimir fotografías  $\Rightarrow$  no se recomienda una impresora domestica.

Si no se quieren imprimir fotografías  $\Rightarrow$  una resolución de 600 dpi alcanza.

Si el volumen de impresión es alto  $\Rightarrow$  se recomienda impresora láser y velocidad de impresión superior a 30 ppm

Si es una empresa de publicidad  $\Rightarrow$  se recomienda laser color u otras tecnologías

Si es para formularios continuos  $\Rightarrow$  se recomienda matriz de punto

Si es para el hogar o pequeña oficina  $\Rightarrow$  inyección de tinta

Si es para el hogar o pequeña oficina y se necesita calidad fotográfica  $\Rightarrow$  inyeccion de tinta con 4 cartuchos.

Si el grupo de trabajo promedio es de 10 computadores  $\Rightarrow$  el tamaño de la bandeja de entrada es importante, y se prefiere de más de 200 hojas.

Si se requiere escanear en un estudio contable o de abogados  $\Rightarrow$  conviene chequear la superifie del escaner admite tamaño legal.

### 2.3.4 Perfil de usuario

Está claro que cuáles de todas las características que posee un equipo hay que tener en cuenta depende principalmente del uso que se le dará al equipo y en que ámbito se le dará ese uso (hogar, empresa, etc). Porque el uso determina varios del resto de las características.

### 2.3.5 Notas sobre volúmen mensual

HP Argentina, en su página web<sup>11</sup> clasifica sus productos en 5 categorías y guía al cliente que visita su página en busca de impresoras o multifunciones en esta clasificación de acuerdo al uso que tiene intensiones de darle el cliente.

En la página de Xerox<sup>12</sup> dentro de los equipos ofrecidos para la pequeña y mediana empresa hay una clasificación de acuerdo al tamaño del grupo de trabajo. Dicha clasificación se compone de las categorías de *peronal*, *grupo pequeño* (de 1 a 3 usuarios), *grupo mediano* (de 4 a 10), y *grupo grande de trabajo* (más de 10). Al revisar las especificaciones de los

<sup>11</sup><http://www8.hp.com>

<sup>12</sup><http://www.office.xerox.com/small-business/esuy.html>

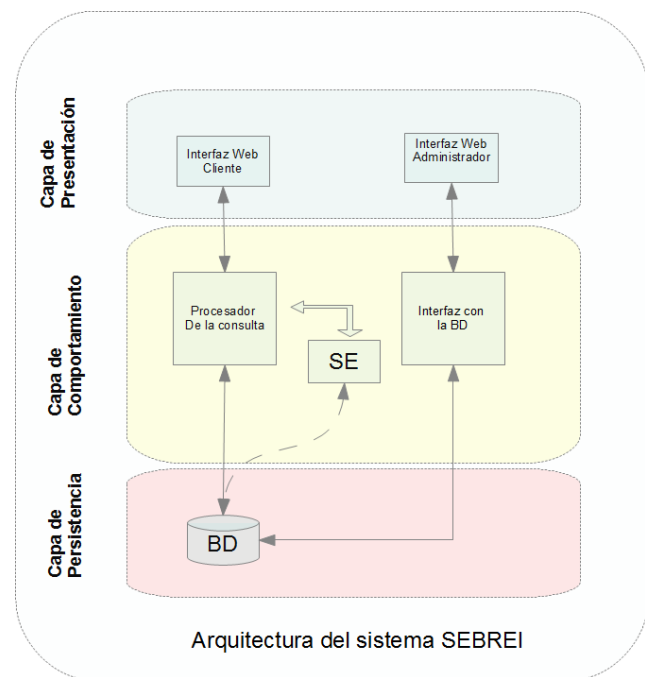
**Table 2: Correspondencia entre volumen mensual y tamaño del grupo de trabajo**

Tamaño del grupo	Ciclo mensual	Volumen
1 persona	10000 p./mes	hasta 1000 p.
1 a 3 usuarios	hasta 50000 p./mes	hasta 4000 p.
4 a 10 usuarios	hasta 60000 p./mes	hasta 5000 p.
más de 10 usuarios	hasta 85000 p./mes	hasta 8000 p.

productos de las distintas categorías se observa una relación entre dichas categorías y el ciclo mensual de trabajo que está resumida en la tabla 2.

## 3. DISEÑO

La figura se presenta la una arquitectura de tres niveles<sup>13</sup> del sistema.



**Figure 1:**

## 3.1 Desiciones de Diseño

### 3.1.1 Acotación del dominio de tarea

El mercado de equipos de impresión es bastante grande. Por una cuestión de practicidad y tiempo el sistema desarrollado recomendará quiepos para los segmentos de mercados desde el hogar a empresas, pero siempre equipos que admitan imprimir en formato A4. Inicialmente el sistema no recomendará equipos para lo que se conocen como las artes gráficas, ni equipos que se encuentran dentro de la categoría de

<sup>13</sup>Una arquitectura de tres niveles es una especialización de la arquitectura cliente-servidor donde la carga se divide en tres partes (o capas) con un reparto claro de funciones: una capa para la presentación (interfaz de usuario), otra para el cálculo y otra para el almacenamiento (persistencia). Una capa solamente tiene relación con la siguiente.

**Table 1: Volumen mensual según uso pretendido.**

Volumen mensual	Uso pretendido
Hasta 500 páginas mensuales	Fotos y Documentos
Entre 500 y 1000 páginas mensuales	Impresión de documentos profesional
Entre 1000 y 5000 páginas mensuales	Empresa en crecimiento
Entre 5000 y 10000 páginas mensuales	Impresión de volumen para medianas empresas
Más de 10000 páginas mensuales	Soluciones para organizaciones Empresariales

grandes formatos. De todas formas el diseño del sistema se plateará de forma tal que puedan ser incorporadas nuevas reglas que cubran estas categorías. También hay algunas características de los equipos e impresión que un determinado cliente pueda desear y que no sea necesario el asesoramiento de un profesional para darse cuenta si un equipo que le ofrecen sirve o no a sus necesidades. Un ejemplo de esta característica podría ser el tamaño físico del equipos, en este caso al cliente le basta mirar la lista de especificaciones técnicas y verificar si el tamaño del equipo que le ofrecen es el adecuado.

Si bien podría ser un adicional preguntar y recomendar teniendo en cuenta este tipo de cosas, no agrega inteligencia al sistema y la mayoría de las veces las preguntas del sistema serán demasiado redundantes.

### 3.1.2 Representación del conocimiento

La principal tarea del sistema experto es determinar cuáles del conjunto de características que describen a un equipo son relevantes y que valores deben tener para satisfacer las necesidades del cliente. Una vez determinadas cuales son las características deseadas en un equipo se procede a ofrecer los modelos que cumplen los requerimientos.

Para determinar las características deseadas se usarán reglas de inferencia. Mientras que los distintos modelos serán hechos factuales en la base de conocimiento.

### 3.1.3 Determinación de las características requeridas

Para determinar algunas características será necesario preguntar al cliente, otras en cambio serán inferidas a partir de los datos provistos por el cliente.

### 3.1.4 Volumen mensual

Para el volumen mensual la clasificación de HP, define 5 conjuntos de valores para el volumen mensual de impresión, se usarán dichos conjuntos para los valores del literal *uso*, los valores de la variable *uso* podrán ser *hogareño*, *profesional*, *pyme*, *pyme+* y *empresarial*.



**Figure 2: Clasificación según volumen de impresiones mensuales**

**Uso** El uso vendrá determinado a través de consultar con el cliente cuantas páginas cree que en promedio imprimirá en un mes.

Aunque también se podría usar la aproximación que usa Xerox teniendo en cuenta el tamaño del grupo de trabajo estimar el volumen de páginas mensuales. De momento se usará la versión simplificada de preguntarle directamente al cliente.

## 3.2 Base de datos

Para permitir flexibilidad en la incorporación de nuevos equipos o modificación de los existentes, utilizamos una base de datos relacional para mantener las características de los equipos de impresión. La figura 4 muestra el diagrama de entidad relación de la base de datos. La base de datos está implementada en postgres. La idea inicial fue usar mysql, pero postgres cuenta con la posibilidad de definir tipos de datos propios y definir usar arreglos en la definición de las filas de una tabla lo cual resulta útil en este sistema. Para interactuar directamente con la base de datos use psql y phpPgAdmin. El modelo de entidad de relación fueron construidos con Workbench para mysql.

## 4. IMPLEMENTACIÓN

Como shell para sistemas expertos he seleccionado CLIPS por ser de dominio público, permite una rápida prototipación, cuenta con una muy buena documentación, tiene la capacidad de poder interoperar con otros lenguajes y la disponibilidad de varias extensiones y derivados. Entonces un primer prototipo se implementó enteramente en CLIPS. Antes de entrar en los detalles haré una breve introducción a clips.

Primeramente para arrancar CLIPS desde una shell de Linux se teclea clips y nos encontramos en un intérprete de comandos. La notación es muy similar a la del lenguaje LISP.

(exit) Sale de CLIPS

(clear) Elimina datos y programas de la memoria.

(reset) Elimina la información dinámica de la memoria y resetea la agenda.

(run) Comienza la ejecución de un programa CLIPS.

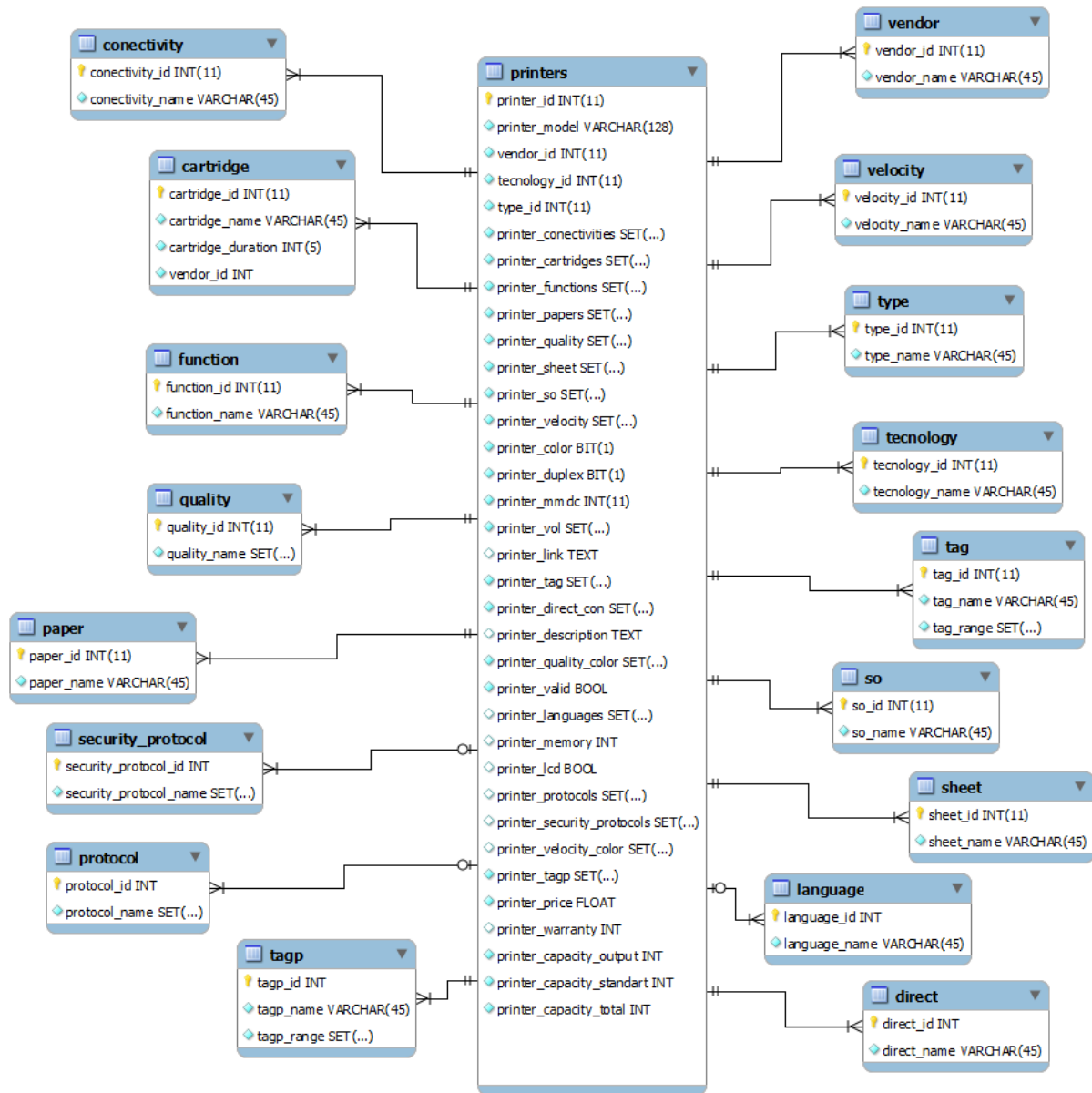


Figure 3: Modelo EER de la base de datos

## 4.1 Hechos y Reglas en Clips

En un su modo más sencillo, CLIPS opera manteniendo una lista de hechos (facts) y un conjunto de reglas (rules) con las que operar. Los hechos en CLIPS pueden ser de dos tipos: ordered facts y deftemplate facts. Un ejemplo de ordered facts es:

```
(color si)
(paginas 250)
```

Un ejemplo de deftemplate es:

```
(deftemplate questions
  (slot question (default ?NONE))
)
```

```
(slot attribute (default ?NONE))
(slot type (default ?NONE))
)
```

La creación de hechos se realiza mediante las sentencias assert (uno solo) o deffact (un conjunto), por ejemplo:

```
(assert(color si))
(assert (questions
  (question "¿Será necesario imprimir a color?")
  (attribute color)(type bool)
))
```

```
(def facts mis-hechos
  (color no)
  (paginas 500)
  (questions
    (question "¿Será necesario escanear?")
    (attribute grupo) (type bool)
  )
)
```

Las reglas en CLIPS están formadas por: Una parte izquierda (LHS) que define las condiciones a cumplir y una parte derecha (RHS) que define las acciones a realizar.

Sintaxis:

```
(defrule nombre-regla "comentario"
  (condicion-1) (condicion-2) ...
=>
  (accion-1) (accion-2) ...)
```

Para eliminar un hecho de la memoria de trabajo se usa el comando (retract f).

(printout) (read) (test) (operadores booleanes) (if)

## 4.2 Base de Conocimiento

La base de conocimiento del sistema está constituida de hechos y reglas. Una vez iniciada la ejecución del sistema los hechos en la memoria de trabajo estarán constituidos por el conjunto de datos persistentes incorporados a la memoria a través de un def facts y los hechos que el sistema irá aseverando como resultado de la aplicación de reglas en base a la información de brindada por el usuario.

### 4.2.1 Hechos

Los hechos persistentes contienen la información acerca de los equipos de impresión. La definición del def template tendrá un slot por cada característica de los equipos de impresión que pueda ser necesitado para seleccionarlos. Hay un conjunto de características que son indispensables el resto podrán estar presentes o no en el def template y la lista de def facts. Ya se verá que desde la interfaz administrativa se puede controlar cuáles de un conjunto de características se incorporan en la base de conocimiento.

```
(def template printer
  (slot model (default ?NONE))
  (slot technology (default ?NONE))
  (slot type (default ?NONE))
  (multislot connectivity (default any))
  (multislot functions (default ?NONE))
  (slot color (default ?NONE))
  (slot duplex (default any))
  (slot use (default ?NONE))
  (slot a3 (default any))
  (slot tag (default ?NONE))
  .
  .
)
```

### 4.2.2 Reglas

Las reglas deben tratar de capturar el conocimiento acerca de cuando es conveniente un tipo de equipo u otro.

Una de las características principales a determinar es el volumen de páginas mensuales, con lo cual se seleccionará una de las categorías predefinidas para dicha característica. En la implementación se han usado las 5 categorías ya descritas para el volumen de páginas mensuales, pero ya se verá que el sistema admite cambiar dichos límites e incluso se pueden crear nuevas categorías desde la interfaz web administrativa.

Ayuda a visualizar el conjunto de reglas que componen el sistema el hecho de disponerlas en una estructura de árbol. El árbol correspondiente a la regla que determina la categoría uso que se necesita se encuentra en la figura 5.

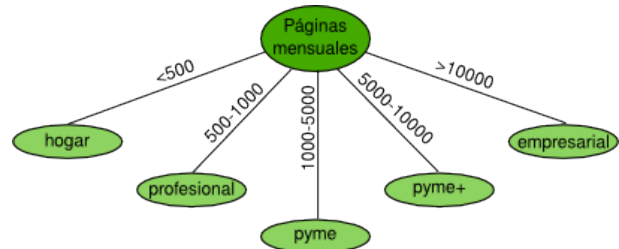


Figure 4:

Las reglas en clips quedan de la siguiente manera:

```
(defrule regla-uso1
  (paginas ?p)
  (test (< ?p 500) )
=>
  (assert (uso hogar)))
```

```
(defrule regla-uso2
  (paginas ?p)
  (and (test (> ?p 500) )
        (test (<= ?p 1000)))
=>
  (assert (uso profesional)))
```

```
(defrule regla-uso3
  (paginas ?p)
  (and (test (> ?p 1000))
        (test (<= ?p 5000)))
=>
  (assert (uso pyme)))
```

```
(defrule regla-uso4
  (paginas ?p)
  (and (test (> ?p 5000))
        (test (<= ?p 10000)))
=>
  (assert (uso pyme+)))
```



```
(defrule regla-uso5
  (paginas ?p)
  (test (> ?p 10000))
=>
  (assert (uso empresarial)))
```

El sistema usa encadenamiento hacia adelante y el conjunto de reglas que los componen estan distribuidas en los siguientes archivos

```
"printers.clp"
"main.clp"
"regla_uso.clp"
"regla_precio.clp"
"more_questions.clp"
"adicionales.clp"
```

El archivo printers.clp contiene el deftemplate de los equipos, los defaults y una regla para seleccionar los equipos que cumplan ciertas condiciones. main.clp contiene reglas que determinan si el equipo debe ser a color o no, si sera necesario imprimir a doble fax de forma automatica, el tipo de conexion, el tamaño del grupo de trabajo, el tipo de equipo y las funciones requeridas. regla\_uso.clp determina el tipo de uso y regla\_precio.clp el tag de precio. more\_questions.clp inicialmente esta vacío y sirve para incorporar nuevas preguntas para setear nuevas características que se necesiten de un equipo adicionales.clp es un conjunto de reglas adicionales relacionadas con características de los equipos que podrian ser necesarias como por ejemplo el tamaño de la bandeja de salida standar o si el equipo debera contar con lcd o no. Inicialmente tiene un conjunto de reglas configuradas para que sean neutrales tanto si en el default de los equipos se incluyen todas a las características posibles o solo las que se han elegido por defecto.

## 5. DESARROLLO DE LAS INTERFACES WEB

### 5.1 Interfaz administrativa

La interfaz administrativa permite agregar o modificar entre otras cosas tipo de equipos, tecnologia, funciones, y nuevo equipamiento a la base de datos. Y cambiar parametros que afectan el comportamiento del sistema experto, como por ejemplo cambiar el límite de las categorías de volumen mensual de impresión o inclusive agregar nuevas.

#### 5.1.1 Requerimientos

La interfaz web debe permitir al administrador del sistema agregar elementos a la base de datos y ajustar ciertos parámetros del SE. Permite:

- Logueo y autenticación
- Agregar/Modificar :
  - Impresoras
  - Conectividades
  - Marcas

- Velocidades de impresión
  - Tecnologías de impresión
  - Tipo de equipos
  - Sistemas operativos soportados
  - Tamaños de papel
  - Tipos de papel
  - Calidades de impresión
  - Funciones del equipo
  - Lenguajes de impresión
  - Consumibles
  - Cambiar límites a los tags\* (de cant de impresiones y de precios)
  - Usuarios
- Mantenimiento:
    - Actualizar tag a los equipos
    - Generar listas de impresoras
    - Actualizar reglas

#### 5.1.2 Implementación

La interfaz administrativa del sistema se desarrollo en PHP.

En la figura 6 se muestra el menu general del sistema. Cada link de la columna agregar/modificar permite agregar o editar una característica relacionada con las impresoras o un nuevo equipo.

El formulario de agregar (figuras 7) un nuevo equipo sirve para incorporar a la base de datos, los datos correspondientes a un nuevo equipo, el formulario permite asociar todas las características presentes en la base de datos a un equipo de impresión.

Una vez completado el formulario al presionar el botón siguiente aparece un nuevo formulario (figura 8) para asociar los cartuchos al equipo, en particular sólo aparecerán los cartuchos disponibles de la misma marca que el equipo que se esté cargando.

Las categorías de uso controlan los límites de la variable lingüística uso relacionada con el volumen de páginas mensuales. La interfaz permite agregar tantas categorías como se quieran.

El menu para cambiar los limites y categorias de precio cumple un papel similar con respecto a la categorías relacionadas con el precio de los equipos. Si se alteran los tags de precio o uso las descripciones asociadas a los equipos podrian dejar de ser consistentes por lo que es necesario actualizarlas. El menu de Actualizar las categorías cumple dicha función. Luego deberan generarse nuevamente el file de impresoras y las reglas de uso o precio respectivamente.

Hay varios motivos por los cuales se deba volver a generar el archivo de impresoras:

- Se han agregado/modificado equipos.

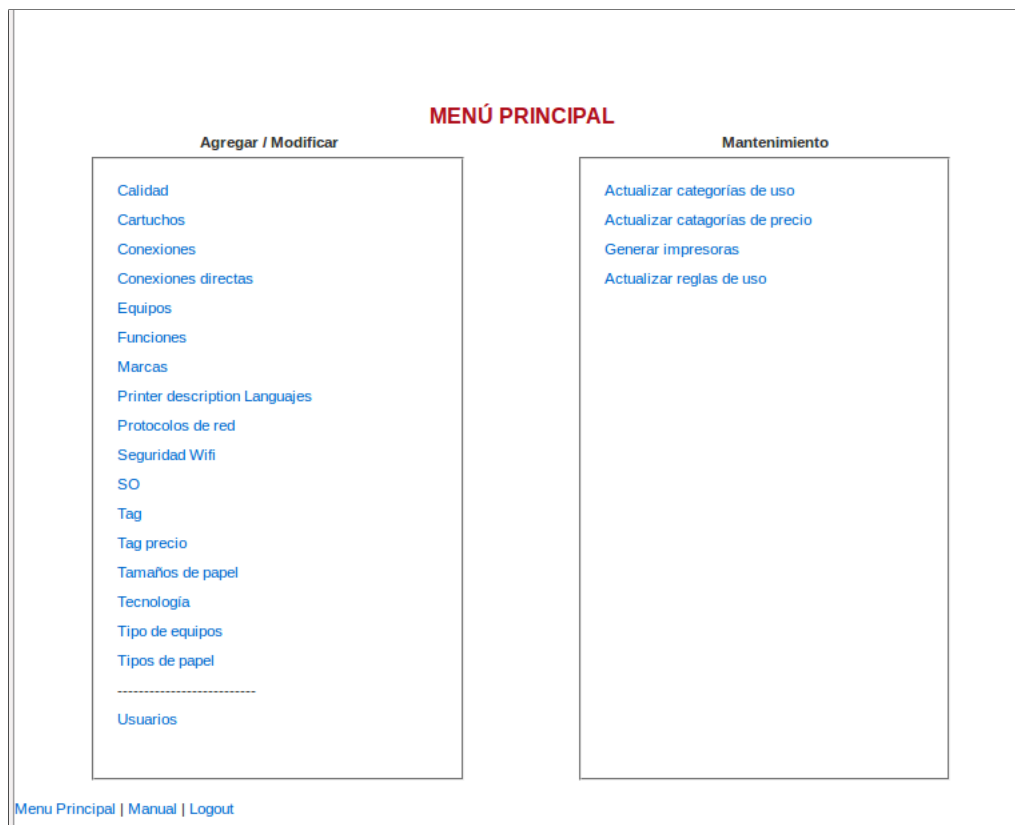


Figure 5:

- Se han agregado/modificado los tags de uso o precio.
- Se quiere incluir una característica nueva a los equipos para ser considerado por el sistema experto.

Al hacer click sobre el menu de generar impresoras se abre un formulario que permite seleccionar un grupo de características disponibles para incluir en la base de conocimiento. Si todo sale bien el proceso genera dos archivos `printer.clp` y `temporary_rules_adicional`, el segundo sirve de ejemplo para crear las reglas adicionales del archivo `aditionals.clp`.

## 5.2 Interfaz cliente

Para portar el sistema de manera online a través de un servidor web he usado la librería PyClips, la otra opción era PHILIPS ambas implementan un subconjunto de los comandos propios de CLIPS, pero PyClips implementa un número mayor de comandos y además cuenta con una muy buena documentación y un foro de discusión activo<sup>14</sup>.

### 5.2.1 Requerimientos

La interfaz web del sistema experto con las personas que van a consultar debe hacer las mismas preguntas y generar el mismo resultado que el sistema batch para clips. De hecho se requiere que sean usado los mismos archivos.

### 5.2.2 Notas a la implementación

Las reglas que incluyen sentencias del tipo `printout` y `read` deben ser modificadas de modo que en vez de imprimir en pantalla se haga un `assert` con la pregunta que debe ser hecha al usuario. Para mantener la idea de usar los mismos archivos para ambas interfaces (web y terminal) se creo el `deftemplate questions`

```
(deftemplate questions
  (slot question (default ?NONE))
  (slot attribute (default ?NONE))
  (slot type (default ?NONE))
)
```

Que se usa para comunicar que pregunta con la interfaz web. Además se crearon duplicaron las reglas que hacían preguntas al usuario unas se seguirán usando con la terminal y el resto solo con la interfaz web. Por ejemplo si una regla era como la que sigue:

```
(defrule regla1
=>
  (printout t crlf "¿Se necesitará imprimir en A3?")
  (printout t crlf "Respuesta>")
  (bind ?ans (read))
  (assert (a3 ?ans))
)
```

<sup>14</sup><http://sourceforge.net/projects/pyclips/forums>

**PRINTER**

[Menu Principal](#) | [Manual](#) | [Modificar un equipo ya existente](#) | [Logout](#)

**Impresora Activa** ☒

Marca  Modelo  Precio (pesos)

Tipo  Tipo de tecnología de impresión

Memoria (MB)

**Conectividad**

ethernet ☒ usb ☒ serial ☐ wifi ☐ paralelo ☐ JDI ☐ EIO ☐

**Conectividad directa**

memory\_card ☐ usb ☐ bluetooth ☐ pictbridge ☐

**Funciones**

imprimir ☒ escanear ☒ fax ☐ copiar ☒ envio digital ☐

**Tamaños de papel**

A4 ☒ A3 ☐ A5 ☒ letter ☒ legal ☒ B5 ☒ Sobre DL ☐ A6 ☐ B6 ☐ B7 ☐ C5 ☐ C6 ☐ B5(JIS) ☐ B6(JIS) ☐ B7(JIS) ☐  
 B4 ☐ hagaki ☐ L ☐ 2L ☐ A7 ☐ B4(JIS) ☐ Ejecutivo ☒

**Tipos de papel**

fotográfico ☐ sobres ☒ transparencias ☐ etiquetas ☒ normal ☒ Xerox\_4200\_20\_lb ☒ Láser\_Hammermill\_24\_lb ☒  
 Satinado\_65\_lb ☐ reciclado ☐

**Sistemas operativos soportados según fabricante**

windows ☒ linux ☐ mac ☒

Figure 6:

Se reemplazara con la siguiente:

```
(defrule regla1
  (terminal)
=>
  (printout t crlf "¿Se necesitará imprimir en A3?")
  (printout t crlf "Respuesta>")
  (bind ?ans (read))
  (assert (a3 ?ans))
)
```

y se creara la siguiente regla

```
(defrule regla12
```

```
(browser)
=>
(assert (questions
  (question "¿Se necesitará imprimir en A3?")
  (attribute a3)
  (type bool)
)
```

El sistema se encargara de hacer la pregunta y generar el assert correspondiente con la respuesta del usuario.

## 5.3 Testing

## 6. CONCLUSIÓN Y NOTAS FINALES

**AGREGAR LOS CARTUCHOS CORRESPONDIENTES**

TN210BK ☐

TN210Y ☐

TN210M ☐

TN210C ☐

TN310BK ☐

TN310C ☐

TN310M ☐

TN310Y ☐

TN315BK ☐

TN315C ☐

TN315M ☐

TN315Y ☐

TN-410 ☐

TN-420 ☒

TN-450 ☒

TN-2210 ☐

TN-2220 ☐

TN-620 ☐

TN-650 ☐

Siguiente

[Menu Principal](#) | [Manual](#) | [Logout](#)

Figure 7:

[Menu Principal](#) | [Manual](#) | [Logout](#)

**TAG**

**ATENCIÓN: LEA ATENTAMENTE EL MANUAL ANTES DE EFECTUAR CAMBIOS EN ESTÁ CATEGORÍA.**

Nombre del tag

Valor mínimo:

Valor máximo:

Add New

**ALREADY IN DATABASE**

corporativo [Modify ==>>](#)

hogar [Modify ==>>](#)

profesional [Modify ==>>](#)

pyme [Modify ==>>](#)

pyme+ [Modify ==>>](#)

[Menu Principal](#) | [Manual](#) | [Logout](#)

Figure 8:

## References

- [1] Otero Spagnuolo, M.
- [2] Fiorotto, A.
- [3] Montoya, M. A. *Impresoras, Curso online.*
- [4] Huergo, C.
- [5] 24734:2009, I. (2009).
- [6] Manual de Clips
- [7] Manual de pyclips

## APPENDIX

### A. ENTREVISTA CON EL EXPERTO

**IC-** *¿Qué tipo de información se le pide a un cliente cuando se acerca con intenciones de comprar un equipo de impresión?*

**Experto-** *Hay varias consideraciones cuando un interesado consulta por impresoras, las relevantes son:*

1. *Qué tipo de uso le va a dar a la impresora, también el trabajo o profesión del cliente es un dato orientativo.*
2. *Producción de trabajo diario o mensual.*
3. *Si es para grupos de trabajo o para usar solo junto a una PC.*
4. *Si también escanean documentos, sacan fotocopias y/o usan fax*

*Con estos primeros datos ya tenemos para prepararle un abanico de soluciones de impresión. Es decir, si es para poco uso y una sola persona puede sugerirse una impresora chica, si también escanea se amplía a una multifunción. Si ya es corporativa conviene una impresora en RED, con print server interno. A veces el cliente para su hogar ya está pidiendo impresoras WIRELESS ya que no quiere cables dando vuelta por su casa, también hoy hay estos equipos. Además para los fanáticos de la tecnología tenemos las nuevas máquinas que imprimen desde un iPOD, etc. También hoy el asesoramiento va por el costo de los toner que al momento de la elección puede ser importante sobre todo para altos volúmenes.*

**IC-** *¿Cuál debe ser aproximadamente el volumen de impresiones diario o mensual para que se concidere que se necesita una impresora chica?, o sino ¿cuándo considero que una impresora es chica?*

**Experto-** *Normalmente el fabricante especifica en la folletería el volumen de trabajo, normalmente si el volumen mensual es de hasta 1.500 a 2.000 páginas por mes, en Argentina se estila comprar una máquina chica.*

**IC-** *Mencionaste que la profesión de un cliente es un dato orientativo para la recomendación de un equipo, en ese sentido necesitaríamos un poco más de detalle. ¿Qué tipos de profesiones indican qué tipos de equipos?*

**Experto-** *Por ejemplo, para una oficina lo más común es usar impresoras láser monocromo. Si es un estudio de arquitectura es probable que usen chorro de tinta ya sea formato pequeño o bien A3 (297 x 432 mm.) o bien plotter. Un diseñador gráfico o fotógrafo pude elegir una impresora HP Photosmart con 6 tintas de colores diferentes. Para el hogar una multifunción inkjet línea barata. Si entrás a la página de HP vas a encontrar que las impresoras las categorizan para:*

- *mercado hogareño*

- *mercado de diseño*
- *mercado corporativo*