

TRABAJO DE GRADO

Carrera: Ingeniería en Sistemas

Instituto Universitario Aeronáutico

Proyecto: Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones

Año: 2013



I NSTITUTO
U NIVERSITARIO
A ERONAUTICO

Asesor: Ing. Casanovas Eduardo

Equipo de Proyecto

Alumno	DNI	E-mail
Marcos Jesús Luna	29110956	mluna@soft-net.com.ar



I NSTITUTO
U NIVERSITARIO
A ERONAUTICO

Trabajo de Grado

Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones

Versión 2.2

Luna Marcos Jesús



I NSTITUTO
U NIVERSITARIO
A ERONAUTICO

FECHA:/...../.....

FACULTAD:

.....

DEPARTAMENTO:

.....

PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

Sr. Director Departamento

De mi consideración:

Habiendo finalizado la confección del Informe Final de mi TFG, me dirijo a Ud. a fin de solicitar la evaluación del mismo, de acuerdo al Art. 10.2 del "REGLAMENTO GENERAL DE TRABAJO FINAL DE GRADO".

Córdoba,/...../.....

Firma del Alumno:

Visto Bueno:

Firma del Tutor:



I
U
A
NSTITUTO
NIVERSITARIO
ERONAUTICO

Trabajo de Grado

Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones

Versión 2.2

Luna Marcos Jesús

Declaración de derechos de autor

Esta obra es propiedad intelectual de Luna Marcos Jesús, los derechos de publicación han sido transferidos al Instituto Universitario Aeronáutico. Se prohíbe su reproducción total o parcial, por cualquier medio sin permiso, por escrito del autor original del mismo.



I
U
A
NSTITUTO
NIVERSITARIO
ERONAUTICO

Trabajo de Grado

Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones

Versión 2.2

Luna Marcos Jesús

Agradecimientos

- A Dios.
- A mi familia, principalmente a mi madre por el apoyo incondicional que me dio a lo largo de la carrera.
- Al Ingeniero Raúl Ranciglio y al todo el grupo de trabajo de Alladio S.A.
- A mis amigos por el apoyo continuo en toda la carrera.
- A toda la comunidad del IUA, directivos, profesores, personal no docente por el apoyo institucional dado.
- Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo final de grado.



Resumen o Abstracto

En el presente documento se describe la implementación de High Performance Computing (HPC) en las organizaciones, siguiendo las recomendaciones y los análisis propuestos se puede lograr aplicar en cualquier organización.

Se investigó las ofertas del mercado de los productos a nivel software para HPC (Windows 2008 HPC Server y Linux CentOS con Rocks) y las métricas económicas con que pudieran dar soluciones al momento de implementar HPC.

Se hicieron pruebas de la guía planteada sobre una empresa (caso de estudio), que ha permitido comprender la potencialidad que tiene HPC en las organizaciones productivas de nuestro país, y ha brindado la posibilidad de demostrar la problemática planteada.



Índice

Declaración de derechos de autor	3
Agradecimientos	4
Resumen o Abstracto	5
Índice	6
Índice de Tablas.....	10
Índice de Figuras	11
1. INTRODUCCION.....	12
1.1 Antecedentes	12
1.2 Situación problemática.	13
1.3 Problema	14
1.4 Objeto de estudio.	14
1.5 Campo de acción.....	14
1.6 Objetivos.....	15
1.7 Idea a defender/Propuesta a Justificar/Solución a comprobar	15
1.8 Delimitación del proyecto	15
1.9 Aporte teórico	16
1.10 Aporte práctico	16
1.11 Factibilidad	18
1.12 Método y medio de investigación.	19
2 PRIMERA PARTE: MARCO CONTEXTUAL	20
2.1 Entorno del objeto de estudio.....	20
2.2 Relación tesista y objeto de estudio.....	21
2.3 Análisis de los problemas observados.....	21
2.4 Antecedentes de Proyectos similares.....	22
3 SEGUNDA PARTE: MARCO TEORICO	24
3.1 Marco Teórico del campo de acción	24
3.1.1 Introducción de HPC.....	24



3.1.2 Características de HPC	25
3.1.3 Definición de Cluster	26
3.1.4 Prestaciones de un Cluster	26
3.1.5 Componentes de un Cluster	26
3.1.6 Arquitectura de Clusters.....	28
3.1.7 Sistemas operativos para HPC	31
3.1.7.1 Windows 2008 HPC Server.....	32
3.1.7.2 Linux Distribución CentOS con Rocks.	35
3.1.8 Software de Programación para HPC	37
3.1.9 Software de Control y Administración.....	40
3.1.10 Hardware para HPC	40
3.1.10.1 Hardware de los nodos	40
3.1.10.2 Procesador	42
3.1.10.3 Memoria	43
3.1.10.4 Disco Duros	43
3.1.11 Planificar el diseño de cluster para HPC	44
3.1.11.1 Determinar la misión del cluster.....	44
3.1.11.2 Seleccionar la arquitectura para el cluster.	45
3.1.11.3 Sistema Operativo	45
3.1.11.4 Software de Programación.....	45
3.1.11.5 Software de Control y Administración.....	46
3.1.11.5 Hardware de Cluster	46
3.1.12 Indicadores económicos para HPC	46
3.1.12.1 El retorno de la inversión.....	46
3.1.12.2 Análisis Costo-Beneficio.....	47
3.1.12.3 Productividad.....	49
4 TERCERA PARTE: MODELO TEORICO.....	50
4.1 Descripción del modelo	51
4.1.1 Análisis de Requerimiento	51



4.1.2 Evaluación para implementar HPC.....	52
4.1.2.1 Hardware para HPC.....	52
4.1.2.2 Sistemas Operativos para HPC.....	53
4.1.2.3 Software de tercero para HPC	59
4.1.3 Análisis económico para implementar HPC	60
4.1.4 Viabilidad de la Implementación de HPC.....	60
5 CUARTA PARTE: CONCRECIÓN DEL MODELO	61
5.1 Aplicación de la Guía a un Caso de Estudio	61
5.1.1 Técnicas utilizadas durante el relevamiento de la información	61
5.2 Resultado de la guía de la Aplicación	62
5.2.1 Caracterización de la Organización.....	62
5.2.1.1 Nombre de la Organización.....	62
5.2.1.2 Presentación.....	62
5.2.1.3 Visión, Misión y Valores.....	62
5.2.1.4 Estructura Organizacional:	63
5.2.1.5 Instalaciones	63
5.2.1.6 Infraestructura tecnológica	64
5.2.1.7 Servidores IBM BladeCenter HS12	66
5.2.1.8 Departamento de Ingeniería de Producto.	67
5.2.2 Análisis de requerimiento	67
5.2.2.1 Análisis del contexto actual.....	68
5.2.2.2 Análisis de la competencia en relación a HPC	69
5.2.2.3 Situación actual de la organización sin HPC.....	69
5.2.3 Evaluación para implementar HPC.....	70
5.2.3.1 Hardware para HPC.....	70
5.2.3.2 Sistema Operativos para HPC	72
5.2.3.2 Software para HPC	74
5.2.4 Análisis económico para implementar HPC	75
5.2.4.1 Análisis de ROI	75



5.2.4.2	Análisis Costo-Beneficio	76
5.2.4.3	Análisis de Productividad	77
5.2.5	Viabilidad de la Implementación de HPC	78
5.2.6	Desarrollo del Cluster HPC	78
5.2.6.1	Esquema de un Cluster con Chasis IBM BladeCenter H	78
5.2.6.2	Esquema del Cluster con Windows 2008 HPC Server.....	79
5.2.6.1	Creación de un Cluster con Windows 2008 HPC Server	80
6	CONCLUSIONES	82
ANEXO A	.....	83
ANEXO B	.....	85
ANEXO C	.....	87
ANEXO D	.....	93
ANEXO E	.....	97
	Referencias Bibliográficas.....	101



Índice de Tablas

Tabla 1: Características Windows 2008 HPC	34
Tabla 2: Características Linux CentOS with Rocks	36
Tabla 3: Característica de los nodos	52
Tabla 4: Puntaje por criterio de evaluación	54
Tabla 5: Características de los sistemas operativos.....	58
Tabla 6: Características software para HPC	60
Tabla 7: Características IBM Chasis BladeCenter H	66
Tabla 8: Características Servidor IBM BladeCenter HS12.....	67
Tabla 9: Características Servidor IBM BladeCenter H22	71
Tabla 10: Evaluación de Windows 2008 HPC Server.....	73
Tabla 11: Evaluación de Ansys HPC Workgroup.....	75
Tabla 12: Análisis Costo-Beneficio.....	77



Índice de Figuras

Figura 1: Componentes de un cluster	28
Figura 2: Symmetric clusters	29
Figura 3: Asymmetric clusters	30
Figura 4: Expanded clusters	31
Figura 5: Sistemas Operativos para HPC	32
Figura 6: Solución Windows 2008 HPC Server	35
Figura 7: Solución Linux CentOs with Rock	37
Figura 8: Diferencia de velocidad entre Procesador y Memoria.	42
Figura 9: Modelo Propuesto	50
Figura 10: Visión, Misión y Valores de José M. Alladio e Hijos S.A	62
Figura 11: Organigrama de José M. Alladio e Hijos S.A.....	63
Figura 12: Planta Industrial Luque	64
Figura 13: Planta Rio Segundo.....	64
Figura 14: Chasis BladeCenter H.....	65
Figura 15: Performance BladeCenter IBM H22.....	71
Figura 16: Esquema Cluster Chasis BladeCenter H.....	79
Figura 17: Esquema de Cluster Windows 2008 HPC	79
Figura 18: Pasos para crear un Cluster con Windows 2008 HPC Server	80



1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La computación de alto rendimiento (HPC, según sus siglas en inglés), a veces llamada computación de altas prestaciones, ha sido usada por décadas por investigadores académicos y del gobierno como instrumento de apoyo para los problemas de ingeniería. Estos sistemas han sido tradicionalmente propietarios, fuertemente integrados y costosos. Según una serie de estudios de competitividad realizado por el Departamento de Comercio de los EEUU¹, HPC tiene un tremendo potencial para ayudar a las empresas a diseñar mejores productos a bajos precios y ganar ventajas competitivas. Sin embargo, como estos sistemas requieren típicamente una fuerte inversión, pocas empresas han sido capaces de producir sus propios centros de recursos compartidos, dejando HPC fuera del alcance para muchos miembros de la comunidad industrial y comercial.

Esta propuesta se basa en el análisis técnico y económico para implementar HPC en cualquier organización. Sobre análisis técnico se va evaluar las soluciones Windows 2008 HPC y Linux Centos with Rocks, recursos necesarios para el funcionamiento, lenguaje y librería utilizada para la programación en paralelo.

Sobre el análisis económico de la implementación se van analizar recuperación de la inversión, razón de beneficio/costo, tipo de licenciamiento y costo de soporte.

Lo que se plantea en esta propuesta es una guía que permita a los responsables de sistemas tener un punto de partida para sus proyectos de HPC en las organizaciones donde desarrollan sus funciones.

¹ Universidad Simón Bolívar - Laboratorio Docente de Computación

<http://ldc.usb.ve/~alfonso/hpc.pdf>



1.2 Situación problemática.

Hoy en día las organizaciones sufren cambios debido a su contexto cada vez más competitivo, donde los cambios en sus procesos productivos es algo vital. Como ejemplo se puede tomar una organización que comercializa productos de línea blanca para el mercado local y extranjero, esta organización cuenta con departamento de ingeniería de producto donde la supervivencia en el mercado está dada por la innovación en sus productos, la aplicación de nuevas tecnología, nuevos procesos productivos, entre otras.

Un nuevo concepto desarrollado por Whirlpool² a nivel global es el desarrollo de cocinas de diseño verde, que significa tomar lo que se necesita de una cocina e intégrala en un sistema inteligente y eficiente. Este concepto promete reducir la producción diaria de residuos, energía, agua y calor. El ahorro de energía³ puede llegar hasta un 70 %, la reducción de agua hasta 60% y la utilización del calor generado por los aparatos para alimentar otras funciones y aplicaciones.

Siguiendo con el ejemplo y el nuevo concepto expuesto por Whirlpool la organización necesitaría para su departamento de ingeniería de producto poder simular o diseñar nuevos productos innovadores, donde la capacidad de cálculo requerido no es satisfecha con los estándares de software y sistema operativos que se utilizan actualmente.

Por eso HPC ofrece a los analistas, ingenieros y científicos los recursos de computación que necesitan para tomar mejores decisiones, innovar nuevos productos, velocidad en investigación y desarrollo, y acelerar el tiempo de comercialización. Sin embargo, el software y los últimos avances de hardware han hecho posible aprovechar las capacidades de TI y crear un entorno HPC utilizando servidores de plataforma comunes con interconexiones de alta velocidad. Estos sistemas pueden proporcionar un poder de computación líder en la industria con más eficiencia y un costo significativamente más bajo.

² Council on Competitiveness - Case Study - Whirlpool's Home Appliance Rocket Science

³http://www.compete.org/images/uploads/File/PDF%20Files/HPC_Whirlpool_032009.pdf



1.3 Problema

Las PYME en Argentina tienen recursos escasos, entonces contratar consultoría de HPC es un reto.

La consultoría externa a veces se basa en las especificaciones técnicas de la implementación de HPC, perdiendo el foco en el análisis económico y de gestión.

Esta guía tratará de ser una referencia como punto de partida para implementar HPC en las organizaciones que lo requieran, aprovechando los recursos disponibles en el entorno TI y analizar las cuestiones económicas y de gestión con el personal que pertenece a la misma organización.

1.4 Objeto de estudio.

El objeto de estudio contempla diseñar una guía que permita orientar a las organizaciones en la implementación de HPC, que pueda ser accesible y aplicable a cualquier organización.

La aplicación de HPC puede resultar de gran utilidad como herramienta para procesos productivos en alguna área específica de la organización, como guía puede ser de utilidad a los responsables de sistemas para analizar un proyecto de HPC.

1.5 Campo de acción.

Se va a trabajar sobre una organización, lo cual nos va a permitir la demostración del estudio propuesto y facilitar el entendimiento del mismo.

La organización es Alladio S.A, es una organización dedicada al diseño y fabricación de productos de línea blanca. La misma se encuentra en la ciudad de Luque Provincia de Córdoba.



Se describirán los métodos, técnicas, materiales y documentos que van utilizar durante el estudio, lo cual puede ser útil como guía o ayuda para futuras aplicaciones de los procesos que componen la guía.

1.6 Objetivos

El objetivo principal de esta investigación es seguir una metodología que permita generar una guía para la aplicación de HPC en la organización de cualquier tamaño, evaluando y aplicando dicha guía a un caso de estudio específico, un caso real.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Llevar a cabo una investigación y contextualización de:
 - Conceptos relevantes de HPC.
 - Situación actual de las organizaciones sin implementación de HPC.
 - Análisis técnico y económico de la aplicación.
- Construir una guía de procedimientos que permita a los responsables de sistemas llevar adelante la aplicación de HPC en la organización.
- Realizar un análisis técnico y de evaluación económica en una empresa donde implementar la guía propuesta.
- Evaluar los resultados de los análisis realizados.
- Generar conclusiones pertinentes al caso.

1.7 Idea a defender/Propuesta a Justificar/Solución a comprobar

Demostrar que se puede presentar una guía que permite la aplicación de HPC en cualquier organización. También va permitir a las empresas tomar como modelo para evaluar sus proyectos de mejoras en los procesos productivos en las áreas que lo requieran.

1.8 Delimitación del proyecto



El proyecto se limita a generar una guía donde se evaluará 2 tecnologías totalmente distintas como son Windows 2008 R2 HPC y Linux Distribución CentOS con Rocks. El marco práctico se llevará en un área de la organización más precisamente en el departamento de ingeniería de producto, donde demostraremos la solución de HPC puede resultar más productiva.

1.9 Aporte teórico

La novedad de la propuesta presentada consiste en la generación de una metodología simple de implementar, de fácil acceso, y con explicaciones detalladas que permita a los responsables de sistema utilizarlo como guía.

Los resultados del proyecto son accesibles y aplicables a cualquier organización que necesite una solución de HPC en un área específica.

Todos los conceptos definidos en el proyecto serán un aporte para el entendimiento de la implementación de HPC.

Los aportes teóricos desde el punto de vista de la ingeniería son:

- Información sobre la importancia de la implementación de HPC en las áreas de las organizaciones que lo requiera.
- Establecer una guía para la implementación de HPC, según las soluciones que hay en el mercado.
- Información sobre la creación de proyectos de HPC, evaluado los puntos más relevantes.
- Aplicación de viabilidad económica de la implementación de HPC.

1.10 Aporte práctico

La necesidad de hacer High Performance Computing (HPC) está creciendo en ambientes empresariales, ya que los sistemas exigen mayores capacidades de análisis para procesar múltiples datos.



Basado en estos requerimientos se desarrolló en diferentes empresas de nivel global estrategia HPC, esto es, equipos de altísima capacidad de procesamiento.

Actualmente la utilización de la Computación Distribuida, que emplea conjunto de computadoras o clusters, con menor costo pero de alto rendimiento, y que funcionan entre sí como una única computadora sustentada por redes de alta velocidad, aporta una mejor relación costo-beneficio y comienza a conquistar áreas que hasta hace poco veían desde la vereda de enfrente las maravillas del procesamiento en términos de Tflops (teraFLOPS), unidad de medida de rendimiento que equivale a mil gigas de FLOPS (Floating Point Operations Per Second). Teniendo en cuenta que una computadora de escritorio puede alcanzar algunos pocos Gflops⁴, podemos darnos una idea de la capacidad alcanzada.

Los beneficios que este proyecto produciría serían:

- Ayudar a las organizaciones a encarar sus proyectos de evaluación e implementación de HPC, desde un punto de vista práctico.
- Evaluar la inversión a realizar y los costos correspondiente de la implementación de HPC.
- Ayudar en la toma de decisiones de los responsables de sistema a cargo de proyectos de HPC, proveyéndole una guía amena.
- Mejorar las áreas de las organizaciones donde la innovación permanente mejora su competitividad en el mercado, a través de la implementación de cierto proceso productivo con HPC.

Los beneficiarios son:

- Cualquier organización que necesite generar un proyecto de HPC en su área específica.
- Instituciones que tiene incubadoras de empresas donde ayudan a mejorar sus procesos de productivo de diseño, implementación, simulación, etc.
- Sirve de base para futuras investigaciones en cuanto a los proyectos referido con HPC.

⁴ Escuela Politécnica Nacional
<http://clusterfie.epn.edu.ec/clusters/Publicaciones/HTML/articulo1.htm>



- Se puede incluir la guía propuesta en el programa de estudios de algunas materias dedicadas a las mejoras en los procesos productivos, competitividad, etc.

1.11 Factibilidad

Presentamos a continuación la factibilidad del proyecto, haciendo una evaluación técnica, operativa y económica:

- **Factibilidad Técnica**

Para el desarrollo del proyecto se va armar un cluster HPC en un entorno virtualizado, actualmente cuento con medios para realizar este laboratorio.

Otra opción es utilizar el cluster HPC que posee la universidad para investigación donado por INTEL o como otra alternativa un cluster diseñado por un alumno como proyecto de tesis.

- **Factibilidad Operativa**

Podemos afirmar que tengo una buena relación con la empresa para el caso de estudio ya que trabaje como implementador de infraestructura tecnológica. Esta organización me va permitir demostrar el modelo propuesto.

- **Factibilidad Económica**

El proyecto es totalmente realizable, tomando en cuenta que los recursos económicos necesarios para llevar a cabo el proyecto son bajos ya que cuento con los materiales para llevarlo a cabo ya se propios o de terceros.

La empresa de donde se realizara el caso de estudio no tendrá que realizar ninguna inversión, ya que la pruebas se realizar en prototipo de cluster HPC.

En base a esto podemos concluir que el proyecto es totalmente factible.



1.12 Método y medio de investigación.

El método de investigación utilizado en el proyecto es el método empírico.

Los métodos empíricos de investigación permiten efectuar el análisis preliminar de la información, así como verificar y comprobar las concepciones teóricas.

El fundamento radica en la percepción directa del objeto de investigación y del problema.

Su aporte al proceso de investigación es resultado fundamentalmente de la experiencia.

Estos métodos posibilitan revelar las relaciones esenciales y las características fundamentales del objeto de estudio a través de procedimientos prácticos con el objeto y diversos medios de estudio.



2 PRIMERA PARTE: MARCO CONTEXTUAL

2.1 Entorno del objeto de estudio

El estudio del presente proyecto se sitúa en el siguiente contexto:

En el aspecto social

La mayoría de las variables producidas por el entorno son incontrolables, podemos mencionar las leyes y normativas dictadas por el Estado, los cambiantes valores y actitudes sociales que influyen en los individuos, los cambios en la tecnología, los precios de la materia prima, la energía y el capital.

Los cambios y avances en tecnología y comunicaciones han provocado que la dimensión internacional sea una parte muy importante del ambiente externo. Las organizaciones de hoy inmersa en una sociedad globalizada se encuentra con un reto en ofrecer servicios y productos de mejor calidad en el menor tiempo que sus competidores. Esto lleva a la organización a una innovación permanente.

En el aspecto económico

En los últimos 5 años, la comunidad HPC ha sufrido un rápido y dramático cambio de implementaciones HPC de menor costo usando múltiples elementos de computación (nodos) que operan en una tarea en común en paralelo: referido formalmente como cluster. Cluster son computadoras individuales en red en las que cada una corre una instancia local del mismo sistema operativo y son dirigidas juntas. El costo salvado por utilizar un gran número de computadoras basadas en microprocesadores permite tratar problemas que se consideraban intratables o no prácticos en un simple sistema. De hecho, los cluster basados en microprocesadores son ahora la arquitectura HPC dominante, subiendo desde 6.6%



hasta 92.8% en el “Top 500” (<http://www.top500.org/timeline/>) desde 11/2000 hasta 11/2012.

Se puede mencionar el siguiente caso de éxito en la implementación HPC en la industria⁵ “Pop es un paquete de papas fritas Pringles, la tecnología HPC jugó un papel en su desarrollo utilizando un análisis para diseñar la forma geométrica adecuada para el envasado y así poder lograr una producción más eficiente.”

2.2 Relación tesista y objeto de estudio

El tesista al haber participado en un seminario de HPC en la Instituto Universitario Aeronáutico en conjunto con la empresa Intel, demostró con gran interés de generar una guía para que este tema no solamente quede en el ámbito académico-científico si no que puede avanzar hacia las PYMES de nuestra región con una visión orientada al mejoramiento de la productividad.

Por este motivo, se decidió llevar a cabo el proyecto tomando como base transferir el conocimiento y aplicaciones desarrollada en otros países para nuestras organizaciones.

Los factores condicionantes:

- 1.1. Generar una guía de fácil entendimiento para el lector.
- 1.2. Armar un relevamiento de información óptimo y oportuno.
- 1.3. La necesidad de poder contar con el apoyo de la organización para que nos facilite la información necesaria.
- 1.4. Identificar un área de la organización donde se puede aplicar HPC.
- 1.6. Generar conclusiones respecto a la evaluación generada con respecto al objeto de estudio que permita llegar al objetivo propuesto.

2.3 Análisis de los problemas observados

⁵ HPC WALES <http://www.hpcwales.co.uk/about-us>



HPC ha tenido un gran impacto en la industria y el comercio, y es una consolidada e indispensable herramienta en muchos sectores industriales y sociales. Las nuevas aplicaciones que surgen constantemente son capaces de explotar HPC y brinda un retorno positivo de la inversión.

Las mejoras en la salud, el desarrollo de un sistema de transporte eficiente, la búsqueda de fuentes de energía renovables y limpias, y el apoyo a la toma de decisiones más rápido a través de simulaciones en tiempo real de datos, son algunos ejemplos de éxitos de la implementación de HPC.

La importancia de HPC está bien resumido por una declaración contenida en un informe elaborado por expertos de Cordis (Servicio de información comunitario sobre Investigación y Desarrollo de la Unión Europea) y la Universidad de Edimburgo:

Muchos de los logros y beneficios han sido posibles gracias a los notables avances en HPC en los últimos 20 años. La capacidad de cálculo de las computadoras más rápidas del mundo ha aumentado por un factor de más de un millón en este momento. Este aumento significativo en la computación no sólo ha beneficiado a los usuarios de las supercomputadoras más importantes del mundo, sino también a los sistemas que se utilizan habitualmente en la industria, hoy en día las organizaciones tienen muchas veces las capacidades de cálculos que los equipos de élite de hace una década atrás. El informe hace referencia a una frase muy importante a tener en cuenta:

“Today, to Out-Compute is to Out-Compete”.⁶

HPC está ahora en camino de ser una herramienta indispensable para las PYME y empresas de todo tipo.

2.4 Antecedentes de Proyectos similares

El consorcio de HPCWorld está abordando el objetivo principal de identificar un conjunto estándar de criterios, procedimientos y metodología asociada a manejar las principales infraestructura de HPC.

⁶ Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo <http://cordis.europa.eu/> y The University of Edinburgh <http://www.ed.ac.uk/research>



El objetivo general es el de proponer un activo y un instrumento de referencia para las instituciones nacionales o regionales para la puesta en marcha de los futuros proyectos de infraestructura.

Esta metodología de revisión también es compatible con los objetivos más prácticos:

- Habilitación de la ciencia a través de un uso eficaz de las infraestructuras de HPC.
- Maximizar el impacto de los proyectos de investigación.
- Garantizar el acceso abierto a los recursos disponibles.

HPCW se enfrenta a estos tres objetivos principales:

1. La producción de un "Modelo de Selección y Evaluación Handbook", este manual proporcionará y difundirá una corriente de alto nivel utilizando el modelo como una especie de "manual de directrices" para europeos y no europeo en infraestructuras de HPC de cualquier naturaleza.
2. La realización de una evaluación de múltiples niveles y múltiples canales de información que mantenga una rutina en Europa y en el Exterior, con el fin de individualizar las buenas prácticas para ser estudiado y re-elaborado hacia un modelo que ofrezca un camino claro y definido.
3. La realización de una exposición internacional de las actividades y resultados del proyecto; este objetivo asegurará de que el modelo este diseñado con el conocimiento de los hábitos de todo el mundo. Esta internacionalidad se llevará a cabo en las actividades de difusión con el fin de ofrecer el modelo diseñado y que sea adoptado ampliamente. Este objetivo fomenta la estandarización mundial de la explotación y el acceso a los recursos de HPC ⁷.

⁷ HPCW is a consortium of 6 key-players in High Performance Computing, all around the world, 5 Supercomputing Centers (CINECA, BSC, FZJ, SDSC and BlueFern) plus GENCI, the French national agency in charge of HPC coordination

<http://www.hpcworld.eu/>

Pan-European Research Infrastructure for High Performance Computing

<http://www.hpc-europa.eu/>



3 SEGUNDA PARTE: MARCO TEORICO

3.1 Marco Teórico del campo de acción

3.1.1 Introducción de HPC

El Cálculo Científico es el área de la ciencia que se encarga del empleo de computadoras especialmente potentes para la realización de tareas o la resolución de problemas numéricos. Cuando estos problemas requieren de herramientas o computadoras muy potentes podemos hablar de Computación de Altas Prestaciones (HPC), en inglés High Performance Computing. Existen diferentes tipos de necesidades y podemos dividir el Cálculo Científico en 4 grandes áreas que no son necesariamente excluyentes entre ellas.

- **Supercomputación.** La cúspide de la pirámide. Supone el uso muy especializado de recursos de computación. Un trabajo puede llegar a usar cientos o miles de CPUs lo que supone que las máquinas han de poseer y emplear eficazmente varios miles de procesadores, ídem para la memoria o uso de disco. Suele realizarse en instalaciones singulares como centros de supercomputación nacionales o internacionales.

Su costo puede alcanzar hasta decenas de millones de dólares como por ejemplo la supercomputadora de la Nasa bajo el proyecto llamado Columbia, cuyo costo es alrededor de los US\$160.000.000.

- **HPC.** Computación de altas prestaciones (High Performance Computing). Son problemas con grandes requerimientos de tiempo, memoria, disco, procesadores, etc. Se suelen requerir para cálculo de prestaciones superiores. Estos ya pueden realizarse en instalaciones generalmente especializadas pero accesibles a nivel más local.

Su costo es mucho más bajo que de una supercomputadora, va depender del objetivo de su utilización y los recursos necesarios.



- **HTC.** Computación masiva (High Throughput Computing). Suele requerir procesar gran cantidad de trabajos, no necesariamente de requerimientos especiales, por lo que suele primar la necesidad de muchos procesadores.
- **Cálculos estándar.** No requieren equipamiento muy específico pero se benefician de la existencia de un servicio con un entorno adaptado al Cálculo Científico.

En base de nuestro desarrollo teórico realizamos un enfoque en HPC, ya que está muy extendido en el ámbito de la investigación y es parte esencial de la ciencia, a la que siempre ha sido ligada. No obstante, su uso se está generalizando a todas las áreas y en especial en empresas industriales.

3.1.2 Características de HPC

- **Multidisciplinaridad.** Las computadoras permiten resolver problemas matemáticos, almacenar y procesar grandes cantidades de datos. Esto la dota de aplicabilidad en cualquier área de la ciencia o la técnica: medicina, física, química, farmacología, biología, geología, mecánica, ingeniería civil, climatología, aeronáutica, dinámica de fluidos, etc.
- **Dinamismo.** La rápida evolución de las tecnologías en el marco de la informática y en las aplicaciones comerciales se aplica una frase de “renovarse o morir”, esto aplica a una estrategia de renovación de los recursos y conocimientos que es fundamental para mantener el nivel de productividad y ser competitivo.
- **Complejidad.** Aunque una computadora es muy común hoy en día hemos de salvar las distancias con una supercomputadora, esta requiere una infraestructura adecuada, una configuración específica y conocimientos concretos para poder explotar su potencia.

La multidisciplinaria indicada la gran complejidad al tener que adaptarse de forma eficiente a un gran espectro de usuarios y aplicaciones.



HPC se apoya en tecnologías computacionales como los **clusters** para llevar los fines específicos, *entonces puedes mencionar que HPC es una configuración de cluster diseñado para proporcionar mayor potencia de cálculo que una computadora que por sí sola no podría proporcionar.*

3.1.3 Definición de Cluster

Un **cluster** es una configuración en paralelo o distribuido que consiste en un conjunto de computadoras independientes interconectadas entre sí, que trabajan conjuntamente como un único recurso para resolver un problema.⁸

3.1.4 Prestaciones de un Cluster

- **Alto rendimiento:** Se refiere a la utilización de programas intensivos numéricamente, tanto paralelos como seriales. El alto rendimiento no garantiza la alta disponibilidad.
- **Alta disponibilidad:** Se tiene que garantizar la disponibilidad de los servicios o recurso en cualquier momento que se lo requiera.
- **Escalabilidad incremental:** Debe proveer la base necesaria para el crecimiento en caso que sea necesario.
- **Balanceo de carga:** a través de un método avanzado de programación se puede distribuir la carga de procesos en diferente manera.

3.1.5 Componentes de un Cluster

⁸ High Performance Linux Clusters with OSCAR, Rocks, OpenMosix, and MPI By Joseph O'Reilly Media - 2005



- **Nodos:** comúnmente se le denomina a cada computadora. Los componentes pueden ser de diferentes arquitecturas.
- **Software Base:** son los sistemas operativos, este deben de tener un entorno multiusuario y multiproceso.
- **Comunicaciones:** es la tecnología que se utilizan para interconectar los nodos, estos puede variar desde simples conexiones Ethernet con placas de red comunes o sistemas de alta velocidad como Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Myrinet, Infiniband, SCI, etc.
- **Middleware:** es un software que generalmente actúa entre el sistema operativo y las aplicaciones con la finalidad de proveer:
 - ✓ Un interfaz único de acceso al sistema, denominado SSI (*Single System Image*), el cual genera la sensación al usuario de que utiliza una única computadora.
 - ✓ Herramientas para la optimización y mantenimiento del sistema: migración de procesos, *checkpoint-restart* (detener uno o varios procesos, migrarlos a otro nodo y continuar su funcionamiento), balanceo de carga, tolerancia a fallos, etc.
 - ✓ Debe poder detectar automáticamente nuevos nodos conectados al *cluster* para proceder a su utilización.
- **Entorno de Programación:** son los ambientes de programación paralela permiten implementar algoritmos que hagan uso de recursos compartidos: CPU, memoria, datos y servicios.
- **Aplicativos:** son los programas desarrollados, para una función especificada que aprovechan las ventajas de los clusters.

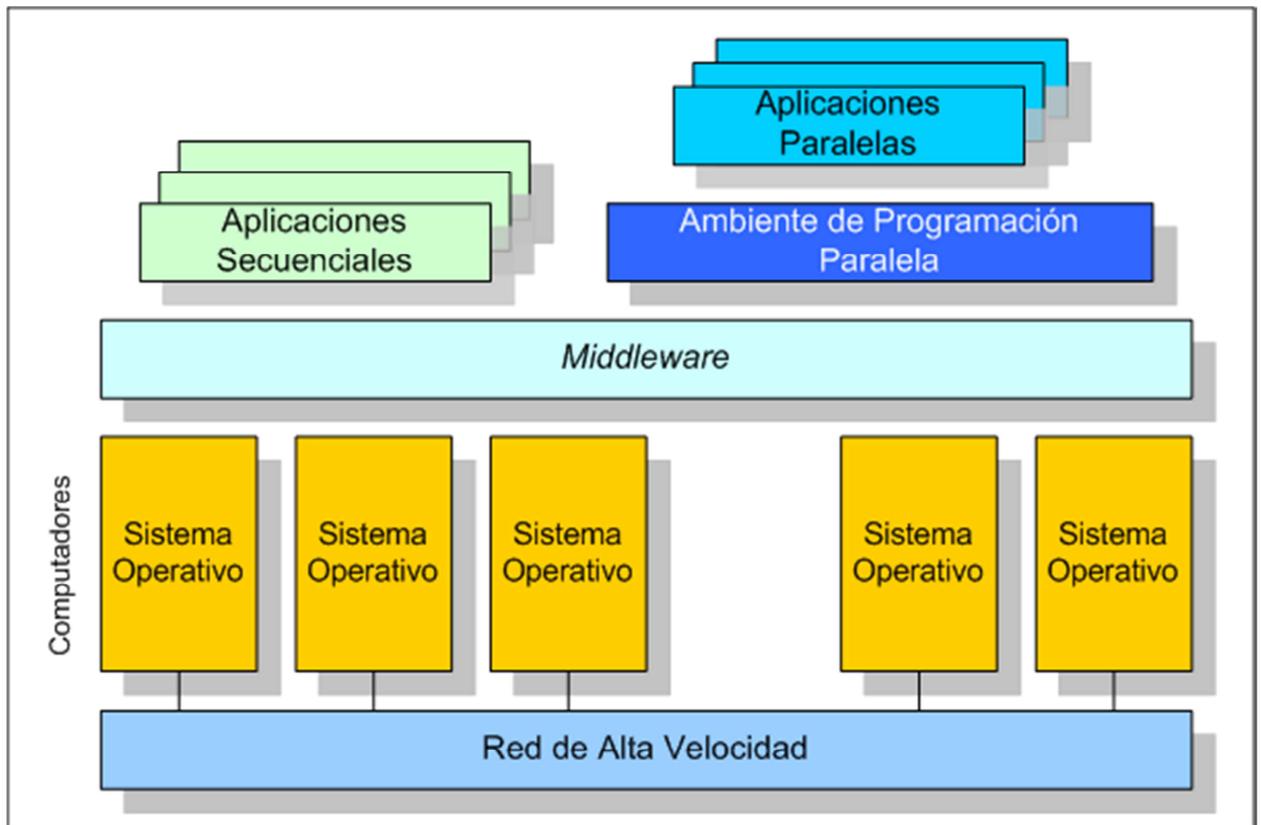


Figura 1: Componentes de un cluster ⁹

3.1.6 Arquitectura de Clusters

Un cluster no es sólo un montón de máquinas interconectadas, cuando se comienza en la construcción de un cluster se tendrá que pensar un poco en la estructura interna que implica decidir qué funciones va a realizar en el presente y a futuro.

Cluster Simétrico: es el enfoque más simple en un conjunto simétrico implica que los nodos sean iguales, donde cada nodo puede funcionar como un equipo individual. Se crear una subred con los equipos individuales (o simplemente agregar los equipos a una red existente y después añadir cualquier software para cluster, es posible que desee para añadir un servidor o dos dependiendo de sus necesidades específicas.

⁹ Escuela Politécnica Nacional <http://www.epn.edu.ec/>



Esta es la arquitectura donde normalmente se esperaría que cada nodo deba ser independiente.

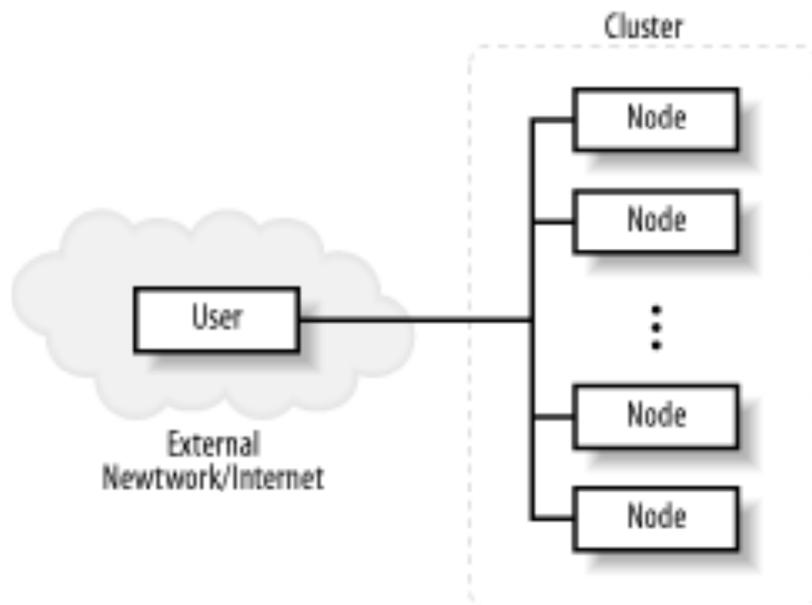


Figura 2: Symmetric clusters ¹⁰

Cluster Asimétrico: para los clusters dedicados, una arquitectura asimétrica es más común donde se supone que los nodos sean distintos. En el cluster asimétrico un equipo es el nodo cabeza o de interfaz que sirve como una puerta de enlace entre los nodos restantes y los usuarios.

Los nodos restantes con frecuencia tienen un sistema operativo con menos funcionalidades y se dedican exclusivamente a la agrupación. Dado que todo el tráfico debe pasar a través del nodo central, las agrupaciones asimétricas tienden a proporcionar un alto nivel de seguridad, si los nodos restantes están físicamente seguros y de confianza que los usuarios están, sólo tendrá que endurecer el nodo principal.

¹⁰ High Performance Linux Clusters with OSCAR, Rocks, OpenMosix, and MPI By Joseph O'Reilly Media - 2005

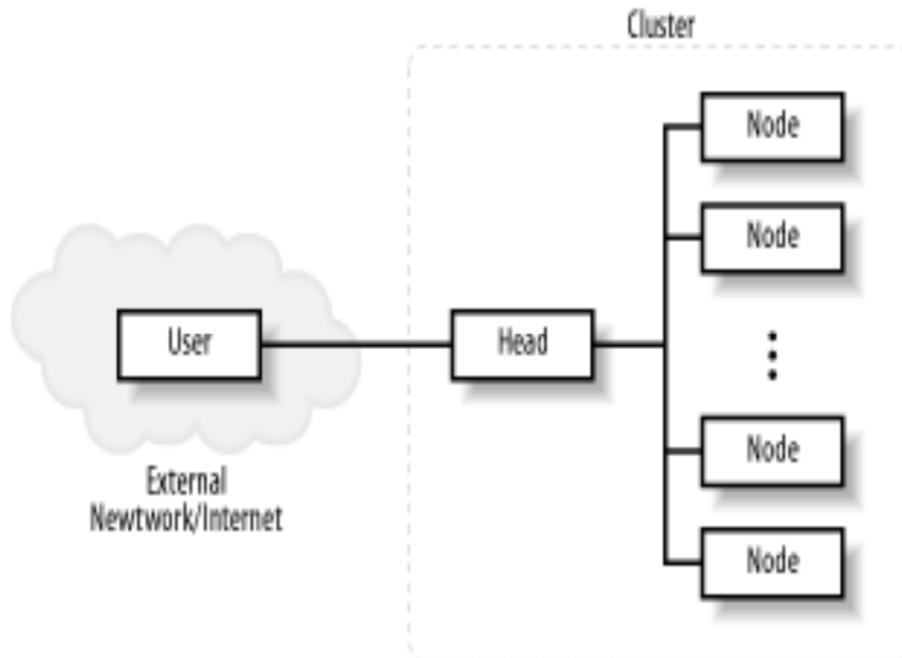


Figura 3: Asymmetric clusters ¹¹

La principal desventaja de esta arquitectura es la limitación de rendimiento impuesta por el nodo cabeza (head). Por esta razón, un servidor más potente puede ser utilizado para el nodo cabeza.

Reforzando el nodo cabeza puede ser adecuado para un cluster chico, pero si el cluster crece en tamaño una alternativa es incorporar servidores para diferentes servicios que utiliza el cluster como por ejemplo, servidor de NFS, servidor de monitoreo, etc.

Cluster Expandido: Estos cluster tiene diferentes redes de comunicación a diferentes velocidades, donde los servidores que ejecutan servicio de entra-salida de mayor prioridad a lo hacen a través de una red de alta velocidad mientras que el acceso a administración o monitoreo lo hacen en redes más lentas.

¹¹ High Performance Linux Clusters with OSCAR, Rocks, OpenMosix, and MPI By Joseph O'Reilly Media - 2005

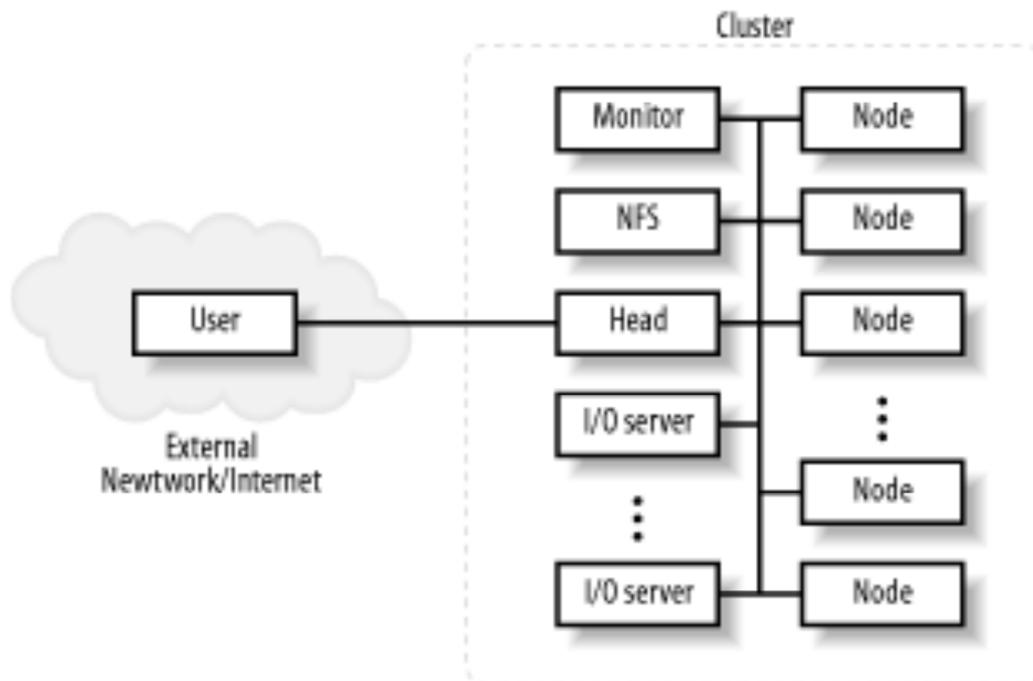


Figura 4: Expanded clusters ¹²

3.1.7 Sistemas operativos para HPC

Se pueden mencionar los siguientes sistemas operativos sobre clusters:

- GNU/Linux, Distribución CentOS, Red Hat, etc.
 - Rocks [1] una distribución especializada para clusters.
- UNIX: Solaris / HP-Ux / Aix for Cluster.
- Windows 2003 Cluster Service / Windows 2008 HPC Server.
- Mac
- Bsd
- Na/Mixed

En la siguiente figura se muestran los sistemas operativos utilizados en las supercomputadoras que aparecen en la lista Top500.

¹² High Performance Linux Clusters with OSCAR, Rocks, OpenMosix, and MPI By Joseph O'Reilly Media - 2005

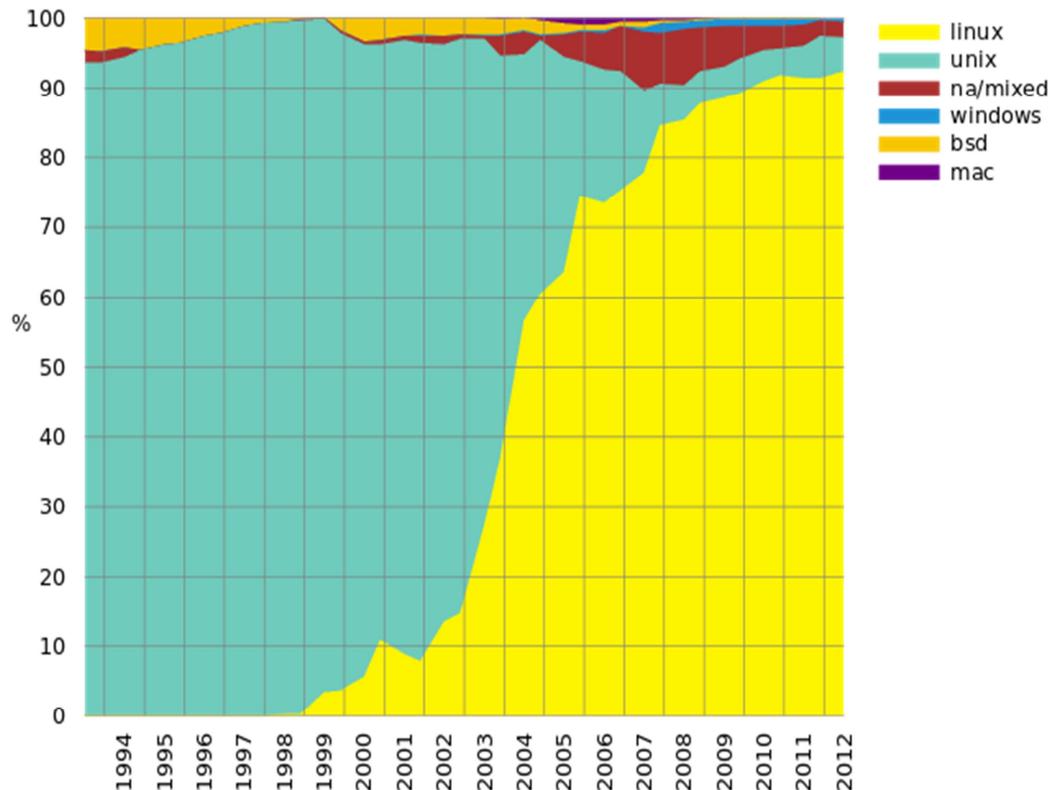


Figura 5: Sistemas Operativos para HPC¹³

En esta guía se va describir los siguientes sistemas operativos considerados los apropiados para la implementación de HPC en las organizaciones:

- *Windows 2008 HPC Server*
- *Linux Distribución Centos con Rocks.*

3.1.7.1 Windows 2008 HPC Server

Windows ® HPC Server 2008 R2 es la tercera versión de la solución de Microsoft ® para la computación de alto rendimiento (HPC). Basado en la tecnología Windows Server ® 2008 R2 64-bit, Windows HPC Server 2008 R2 eficientemente escala a miles de nodos y se integra perfectamente con una infraestructuras de TI basada en Windows,

¹³ <http://www.top500.org/>



proporcionando la facilidad de uso, reduce los costos de propiedad y de alto rendimiento. Esta versión añade aún más funcionalidades a la solución HPC, incluyendo la integración con la plataforma Windows Azure Service™. Windows Azure Público (Cloud), la plataforma de computación en la nube ofrece flexibilidad con acceso a los recursos informáticos y de almacenamiento altamente escalables con un uptime del 99,99%.

- Características generales de Windows 2008 HPC

Características	Implementación	Beneficios
Sistema Operativo	Windows Server 2008 and/or Windows Server 2008 R2 (Head node is R2 only, compute nodes can be both)	Hereda las características de seguridad y estabilidad de Windows Server 2008 R2 y Windows Server 2008.
Tipos de Procesadores	x64 (AMD64 or Intel EM64T)	Modelo de memoria grande y la eficiencia del procesador de la arquitectura x64.
Despliegue de Nodos	Windows Deployment Services	Implementación basada en imágenes, con soporte completo para la multidifusión y la implementación de iSCSI.
Head node redundante	Windows Failover Clustering and SQL Server® Failover Clustering	Proporciona un Head node completamente redundante y planificado (requiere Windows Server 2008 R2 Enterprise y SQL Server Standard Edition).
Administración	Consola de Administración integrada	Proporciona una interfaz de usuario única para todos los aspectos de los nodos, la administración del trabajo, la agrupación, la vigilancia, el diagnóstico y la presentación de informes.
Topología de Red	Asistente de configuración de redes	Asistente de configuración de redes, para la configuración de la topología de red deseado.
Aplicaciones de red	MS-MPI	Alta velocidad en red usando NetworkDirect. Memoria compartida implementando para procesadores multicore. Altamente compatible con las implementaciones existentes MPICH2.
Planificador	Consola de administración de trabajo	GUI está integrado a la consola de administración o se puede utilizar independiente. Interfaz de línea de comandos compatible scripting de Windows PowerShell ligada a la línea de comandos-scripts de Windows Compute Cluster Server.
Monitoreo	Integrado en la consola de administración	Nueva consola de administración que permite monitoreas hasta 1,000 nodos.
Reportes	Integrado en la consola de administración	Los informes estándar predefinidos, y los gráficos históricos de rendimiento. Informes adicionales pueden ser creados usando SQL Server Reporting Services.
Diagnostico	Integrado en la consola de administración	Out-of-the-box de verificación y pruebas de desempeño, con la capacidad de almacenar, filtrar y ver los resultados del examen y la historia. Un framework extensible de diagnóstico para la creación de diagnósticos e informes personalizados.
Ejecución en	Enterprise-ready SOA	Windows HPC Server 2008 R2 proporciona

 I NSTITUTO U NIVERSITARIO A ERONAUTICO	<i>Trabajo de Grado</i>	
	<i>Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones</i>	
	<i>Versión 2.2</i>	<i>Luna Marcos Jesús</i>

Paralelo	infrastructure	soporte mejorado para cargas de trabajo de SOA, ayudando a las organizaciones crear más fácilmente aplicaciones interactivas HPC, haciéndolas más resistentes al fracaso, y más fácil de gestionar esas aplicaciones.
----------	----------------	---

Tabla 1: Características Windows 2008 HPC

- Elementos de la Solución Microsoft HPC Server

Windows HPC Server 2008 R2 combina la estabilidad subyacente y la seguridad de Windows Server 2008 R2 con las características de Microsoft HPC Pack 2008 R2 para proporcionar una solución robusta, escalable, rentable y fácil de usar en un entorno de HPC.

Windows Server 2008 HPC R2 se compone de un cluster de servidores, con un nodo cabeza (head principal y otro de respaldo) y uno o más nodos de cálculo (véase la Figura 1). Los nodos cabeza intervienen todo el acceso a los recursos del cluster y es el único punto de gestión, implementación y planificación de tareas para el cluster.

Windows HPC Server 2008 R2 se puede integrar con una infraestructura ya existente de Active Directory® que son servicios de directorio para la seguridad y la administración de la cuenta, y puede utilizar Microsoft System Center Operations Manager para análisis de datos.

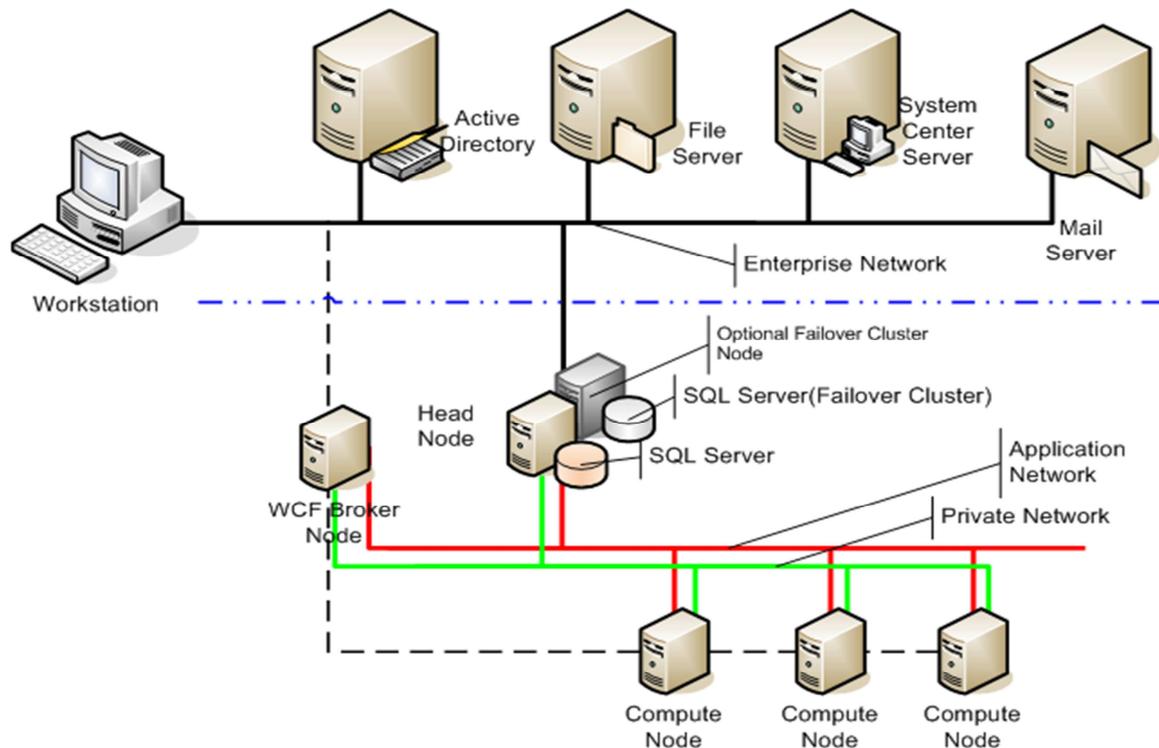


Figura 6: Solución Windows 2008 HPC Server ¹⁴

3.1.7.2 Linux Distribución CentOS con Rocks.

Rocks Cluster (originalmente llamado NPACI Rocks) es una distribución de Linux para clusters de computadores de alto rendimiento. Fue iniciada por la NPACI y la SDSC en el 2000, y fue financiada inicialmente en parte por una subvención de la NSF (2000-2007), actualmente sigue financiada en su totalidad por el mismo organismo. Rocks se basó inicialmente en la distribución Red Hat Linux, sin embargo las versiones más modernas de Rocks están basadas en CentOS, con un instalador Anaconda modificado, es una de las distribuciones más empleadas en el ámbito de clusters, por su facilidad de instalación e

¹⁴ Microsoft Company - Windows 2008 - <http://www.microsoft.com/hpc/en/us/default.aspx>



incorporación de nuevos nodos. Otra de sus grandes facilidades es que incorpora gran cantidad de software para el mantenimiento y monitorización del cluster.

Las instalaciones pueden ser personalizadas con paquetes de software adicionales, utilizando CD especiales (llamados Roll CD). Los "Rolls" extienden el sistema integrando automáticamente los mecanismos de gestión y empaquetamiento usado por el software base, simplificando ampliamente la instalación y la configuración de un gran número de nodos.

- Características generales de CentOS con Rocks

Características	Implementacion	Beneficios
Sistema Operativo	Linux CentOS 6	Hereda las características de seguridad y estabilidad de Linux RedHat.
Tipos de Procesadores	x86 (ia32, AMD Athlon, etc.) x86_64 (AMD Opteron and EM64T)	Tiene múltiple soporte para procesadores de 32 y 64 bits.
Despliegue de Nodos	Cluster Service	Implementación basada en web que permite el despliegue de los nodos en poco tiempo.
Administracion	Consola de Administracion	Proporciona una interfaz de usuario para los nodos y la administración del trabajo.
Aplicaciones de red	MPICH	Bibliotecas MPI de software libre. Incluyen soporte para redes de interconexión de altas prestaciones Infiniband y Myrinet con software de terceros.
Planificador	Sun Grid Engine (SGE)	Objetivo de este software es la creación y gestión de una arquitectura de Computación grid.
Monitoreo y Reporte	Cluster Status (Ganglia)	Es una interfaz gráfica que permite monitoreas los nodos del cluster
Diagnostico	Cluster Status (Ganglia)	Verificación y pruebas de desempeño del cluster.

Tabla 2: Características Linux CentOS with Rocks

- Elementos de la Solución

En los nodos de cálculo, la interfaz Ethernet que se asigna a Linux eth0 debe conectarse al switch del cluster. Esta red se considera privada, es decir, todo el tráfico en esta red está físicamente separada de la red pública externa (por ejemplo, la Internet), por lo menos dos interfaces Ethernet se requiere.



La interfaz que se asigna a Linux eth0 debe ser conectado a la misma red Ethernet como los nodos de computación. La interfaz que se asigna a Linux eth1 debe estar conectado a la red externa (por ejemplo, Internet o la intranet de su organización).

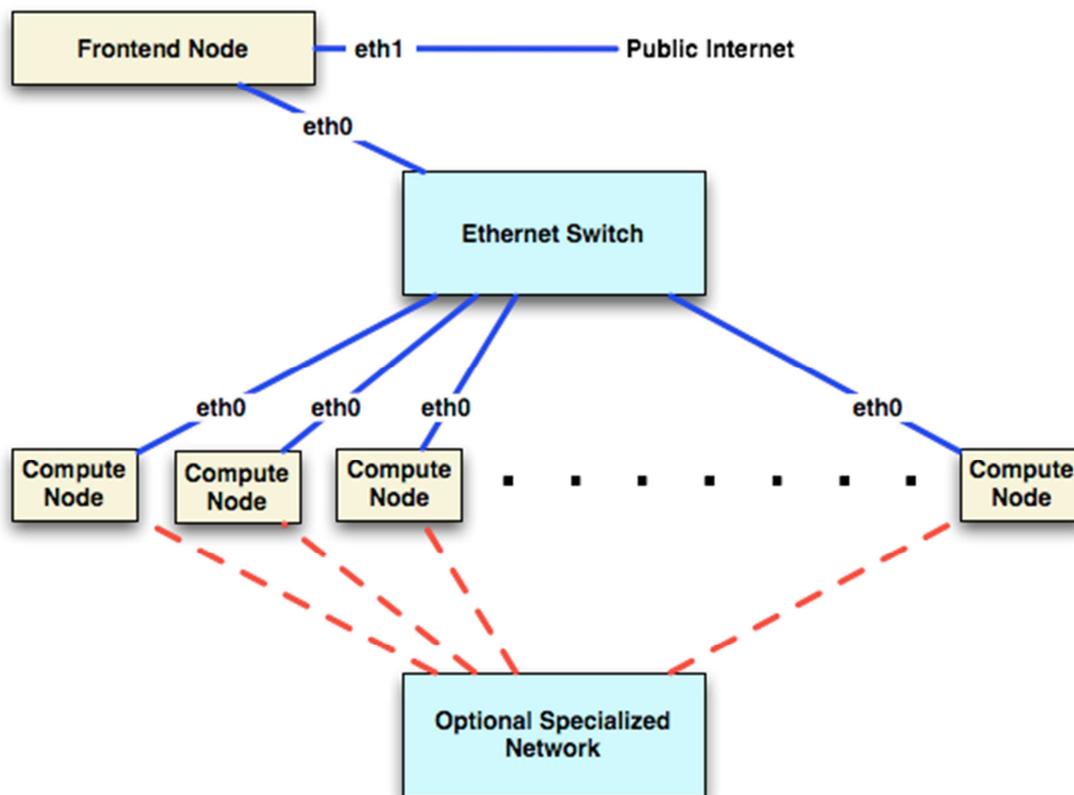


Figura 7: Solución Linux CentOs with Rock ¹⁵

3.1.8 Software de Programación para HPC

Un cluster HPC es simplemente un conjunto de computadoras conectadas a través de un medio de interconexión. Existen diversas herramientas para hacer que este conjunto de computadoras colaboren entre sí para ejecutar tareas:

¹⁵ Open-Source Toolkit for Real and Virtual Clusters www.rocksclusters.org



- Microsoft Compute Cluster Pack: proporciona una gestión segura y escalable de recursos de cluster, un planificador de tareas, y una interfaz de paso de mensajes (MPI) de la pila para la programación paralela.
- MPI (Message Passing Interface): Es uno de los paradigmas de programación paralela más comunes. El cálculo paralelo en un cluster se realiza dividiendo un trabajo en varias porciones y distribuyéndolos en los nodos de tal manera que cada uno de ellos ejecute una de estas porciones. Cualquier información que necesiten intercambiar alguno de estos subprocesos es realizada a través de mensajes. MPI cuenta con varias implementaciones como por ejemplo: mpich y lam. Todas las implementaciones de MPI son bibliotecas que proporcionan rutinas para el manejo de pases de mensajes. El objetivo principal de MPI es lograr la portabilidad a través de diferentes maquinas, tratando de obtener un grado de portabilidad comparable al de un lenguaje de programación que permita ejecutar de manera transparente, aplicaciones sobre sistemas heterogéneos.
- PVM (Parallel Virtual Machine): Es un conjunto integrado de herramientas de software y bibliotecas que emulan un marco de computación paralela de propósito general, flexible y heterogéneo, sobre un grupo de computadoras, de arquitectura variada, interconectadas. En sus inicios PVM fue bastante utilizado pero su utilización ha sido mermada por MPI.
- Bibliotecas Matemáticas: Una gran variedad de bibliotecas matemáticas están disponibles a los usuarios para ahorrar tiempo en la resolución de problemas. Muchas de ellas están basadas en MPI y dentro de las más conocidas se encuentran: BLAS, LAPACK, SCALAPAK, etc.
- HPF (High Performance Fortran): es un conjunto de extensiones para Fortran 90 que permite a los programadores especificar como los datos son distribuidos a través de múltiples procesadores en un ambiente de programación paralela. La construcción del HPF permite a los programadores utilizar el potencial de paralelismo a un nivel relativamente alto, sin entrar en los detalles de bajo nivel del pase de mensajes y sincronización. Cuando



un programa en HPF es compilado, el compilador asume la responsabilidad de organizar las operaciones paralelas en una maquina física, reduciendo enormemente el tiempo y esfuerzo para el desarrollo de programas paralelos. Para aplicaciones, los programas paralelos pueden ejecutarse significativamente más rápido que los programas Fortran secuenciales.

- PSB: Es un sistema que proporciona una serie de herramientas para la gestión de trabajos batch, utilizando una unidad de programación de tareas. Además, permite el enrutamiento de estos trabajos a través de diferentes computadores. PBS cuenta con capacidades para definir e implementar políticas sobre la utilización de los recursos disponibles.

Actualmente el hardware disponible para los sistemas Unix proporciona recursos de gran poder de procesamiento. Esto ha generado la necesidad de contar con mecanismos permitan planificar la ejecución de tareas sobre la base de los recursos disponibles. PBS ha sido creado para satisfacer esta necesidad utilizando tres herramientas principales.

- *Servidor de Trabajos (Job Server, pbs_server)*: Este conforma el elemento principal del sistema y su función es proporcionar los servicios básicos para recibir, crear, ejecutar y modificar trabajos batch

- *Ejecutor de Trabajos (Job Executor, pbs_mon)*: Es conformado por un demonio que se encarga de la ejecución real de los trabajos. Una vez, que este recibe un trabajo desde el servidor, crea una copia con una sesión del usuario solicitante.

También, es responsable de enviarle al servidor la salida del trabajo ejecutado.

- *Planificador (Job Scheduler, pbs_sched)*: Es un demonio que maneja las políticas de ejecución de trabajos, es decir, decide donde y cuando colocar un trabajo en ejecución. Las políticas de ejecución pueden ser definidas por el administrador del sistema.

Un conjunto de comandos y una interfaz gráfica que pueden utilizar los usuarios para gestionar la ejecución de sus trabajos.



3.1.9 Software de Control y Administración

ROCKS: Es una colección de herramientas de software abierto, técnicas de administración e infraestructura de supervisión para la construcción de cluster.

Windows Cluster Service: Este monitor devuelve el uso de CPU y de memoria del servicio de Cluster Server. Este servicio permite a los servidores de trabajar juntos como un cluster para mantener aplicaciones basadas en servidor de alta disponibilidad, independientemente de los fallos de componentes individuales. Si se detiene este servicio, la agrupación no estará disponible. Si este servicio está deshabilitado, cualquier servicio que dependa explícitamente de él no se podrá iniciar.

SCE: (Scalable Cluster Environment): Es un conjunto de herramientas de software abierto que permite a los usuarios desarrollar fácilmente clusters de cálculo (Beowulf). Dentro de las herramientas se cuenta con aplicaciones para construir, gestionar y supervisar un cluster, además, posee una interfaz gráfica bastante intuitiva y de fácil manejo. SCE es desarrollado en la universidad de Kasetsart en Tailandia.

3.1.10 Hardware para HPC

La mayoría de los proveedores de hardware para HPC acostumbran a vender equipamiento con componentes que no son necesarios dentro de un cluster, por ejemplo, tarjetas de video sofisticadas, tarjetas de audio, etc. Con un poco de información extra, se puede obtener el hardware apropiado por un costo mucho más bajo, simplemente evitando la adquisición de elementos innecesarios.

A continuación se describe los diferentes aspectos relacionados con el hardware que se deben ser considerados en el diseño de un cluster.

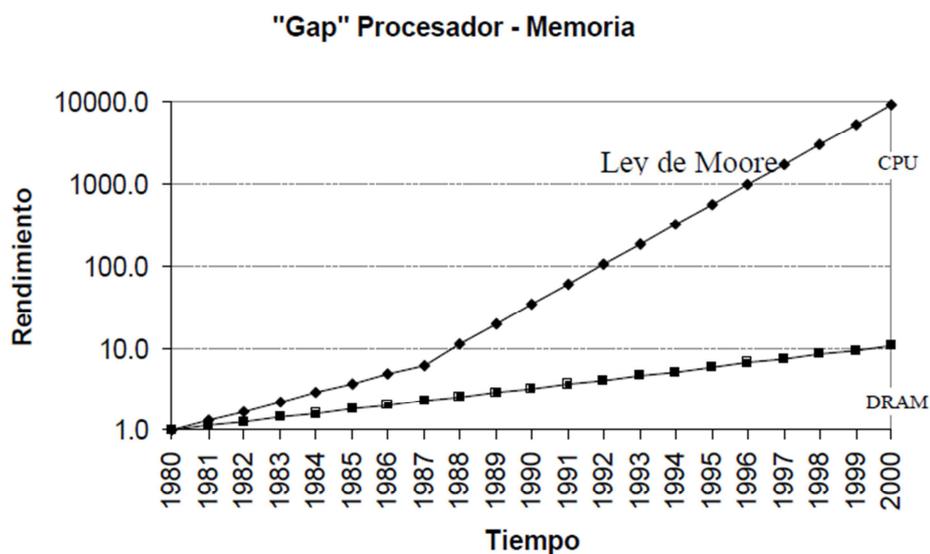
3.1.10.1 Hardware de los nodos



Los nodos constituyen el elemento principal del cluster, los cuales son responsables de todas las actividades asociadas con la ejecución de los programas de aplicación y de dar soporte al software especializado presente en los cluster. Según la función que cumplen los nodos pueden ser ubicados dentro de las siguientes categorías.

- Ejecución de instrucciones.
- Almacenamiento rápido de información temporal.
- Alta capacidad de almacenamiento de información persistente.
- Comunicación con ambientes externos incluyendo otros nodos.

Uno de los principales inconvenientes impuesto por la tecnología es el llamado *processor - memory gap*. Esto es, la diferencia de velocidades entre el procesador y la memoria. El rendimiento de los procesadores es duplicado cada 18 meses (ley de Moore), alrededor de un 60 % por año, mientras que la memoria solo mejora un 9 % por año. Por esta razón, no es posible almacenar datos en la memoria tan rápido como el procesador puede manejar esos datos, y por eso a menudo el procesador debe esperar por la memoria. Esta diferencia de velocidades se incrementa un 50 % por año. La figura 6 muestra un ejemplo de la evolución de estos dos componentes hasta el año 2000.



 I NSTITUTO U NIVERSITARIO A ERONAUTICO	<i>Trabajo de Grado</i>	
	<i>Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones</i>	
	<i>Versión 2.2</i>	<i>Luna Marcos Jesús</i>

Figura 8: Diferencia de velocidad entre Procesador y Memoria.

Actualmente se puede elegir cada componente de los nodos dentro de una gran variedad, por ejemplo, hay más de una familia de procesadores y dentro de cada familia existe más de una alternativa. Seleccionar la configuración apropiada para los nodos de un cluster puede parecer algo difícil de realizar debido a la gran diversidad de componentes presentes en el mercado. Sin embargo, existe un conjunto de parámetros críticos que caracterizan primordialmente a un nodo.

- *Frecuencia de reloj del procesador:* Esta es la principal señal dentro del procesador que determina la tasa de procesamiento de instrucciones.
- *Rendimiento punto flotante pico:* Es la combinación de la frecuencia de reloj y el número de operaciones punto flotante que pueden ser procesadas.
- *Tamaño de la memoria cache:* Es la capacidad de almacenamiento del buffer de memoria de alta velocidad entre la memoria principal y el procesador.
- *Capacidad de la memoria principal:* Es la capacidad de almacenamiento del sistema principal de memoria del nodo donde reside el conjunto de datos globales de las aplicaciones.
- *Capacidad de disco:* Es la capacidad de los dispositivos de almacenamiento secundario.
- *Ancho de banda pico de la tarjeta de red:* Es el ancho de banda teórico proporcionado por la interfaz de red.
- *Latencia de la tarjeta de red:* La latencia es más importante que el ancho de banda, una baja latencia permite aumentar el rendimiento del cluster.

3.1.10.2 Procesador

El procesador constituye toda la lógica requerida para la ejecución del conjunto de instrucciones, gestión de la memoria, operaciones enteras y punto flotante, y el manejo de la memoria cache.



Las computadoras con más de un procesador (*Simetric MultiProcessor* o *SMP*) son utilizadas comúnmente en cluster debido a la gran capacidad de prestaciones que proporcionan. Sin embargo, si la velocidad de los buses de las motherboard no tiene la capacidad necesaria para dar apoyo a arquitecturas SMP, lo que representa un cuello de botella entre los diferentes medios de almacenamiento y el procesador.

3.1.10.3 Memoria

La memoria de un nodo es el sistema de almacenamiento más cercano al procesador. Las características deseables de la memoria son: rapidez, bajo costo y gran capacidad. Desafortunadamente, los componentes disponibles hasta ahora, solo poseen una combinación de cualquiera de estas tres características. Los sistemas de memoria modernos utilizan una jerarquía de componentes implementados con diferentes tecnologías que juntos, y en condiciones favorables, logran obtener las tres características. A pesar de todo esto, la capacidad de almacenamiento de memoria se ha incrementado considerablemente, cuadruplicándose cada tres años aproximadamente, mientras que su costo ha sufrido un constante decremento.

3.1.10.4 Disco Duros

Los discos duros mantienen copia del sistema operativo, programas y datos, así, se cuenta con un medio de almacenamiento para mantener grandes cantidades de información. Existen varios métodos para configurar los medios de almacenamiento en un cluster, los cuales difieren en rendimiento, precio y facilidades en la administración.

- *Cientes sin disco (Disk-less)*

Los nodos no poseen disco duro interno y toman todos los sistemas de archivos a través de la red. Es el nodo cabeza es el que proporciona el sistema de archivos para los nodos.



La principal ventaja de esta configuración es la facilidad en la administración del cluster ya que al agregar un nuevo nodo solo hay que modificar ciertos archivos en el servidor.

La desventaja de tener nodos sin disco es que el tráfico a través de la red se incrementa.

- *Instalación Local Completa en los Nodos*

Todo el software, tanto el sistema operativo como las aplicaciones, son instaladas en los discos internos de cada nodo. Esta configuración reduce a cero el tráfico por la red para obtener el sistema operativo o cualquier otra aplicación por parte de los nodos.

3.1.11 Planificar el diseño de cluster para HPC

A la hora de construir un cluster es necesario considerar diversos aspectos de diseño para tomar decisiones que contribuya el mejor desenvolvimiento basándose en los requerimientos iniciales.

Es recomendable realizar una revisión constante de las tendencias actuales antes de emprender un nuevo proyecto, y así contar con nueva tecnología que satisfaga nuestras expectativas.

A continuación se mencionan los puntos que son necesarios a tener en cuenta en el diseño de un cluster.

3.1.11.1 Determinar la misión del cluster.

Definir lo que quieres hacer con el cluster es realmente el primer paso en el diseño de la misma. Si la misión del cluster se definiera por adelantado ahorraría mucho tiempo al proyecto, en cambio si el cluster tiene varios usos no definidos claramente el proyecto tendría una complejidad mayor.

También hay que tener en cuenta que los clusters tienen una forma de evolución, lo que puede ser una evolución razonable de las necesidades de hoy puede no serlo



mañana. Un buen diseño es a menudo el arte de equilibrar los recursos de hoy en día con las necesidades del mañana.

3.1.11.2 Seleccionar la arquitectura para el cluster.

Una vez que haya establecido la misión del cluster se debe concentrarse en la arquitectura y seleccionar el software base. La mayoría de los cluster de alto rendimiento utilizan una arquitectura cluster expandido y otros de menor escala utilizan asimétrico.

3.1.11.3 Sistema Operativo

Una de las primeras decisiones que se realiza habitualmente es seleccionar el sistema operativo, pero esta es en realidad la decisión final. Cuando se selecciona un sistema operativo, la cuestión fundamental es la compatibilidad y los desarrollos futuros que puede proveer.

También se debe tener en cuenta el soporte, las herramientas de gestión y los costos asociados.

3.1.11.4 Software de Programación

Hay dos puntos necesarios a tener en cuenta con respecto al software de programación:

- Los lenguajes de programación que desean implementar en el cluster y las librerías que desea utilizar. Si se tiene un objetivo específico y una cantidad reducida de usuarios, es posible que pueda estandarizarse en un solo lenguaje y una sola librería. En cambio si tiene varios objetivos y múltiple usuarios es necesario brindar soporte a una amplia variedad de software de programación.



- Las librerías de programación paralela proporcionar un mecanismo que le permite fácilmente coordinar los procesos y el intercambio entre los programas que se ejecutan en el cluster. Sin este software va depender de primitivas del sistema operativo para la programación del cluster.

3.1.11.5 Software de Control y Administración

Además del software de programación, se necesita mantener el cluster en ejecución, por eso se debe disponer de software de control. La administración del cluster incluye tanto las tareas rutinarias de administración del sistema como la supervisión del funcionamiento.

3.1.11.5 Hardware de Cluster

De la gran cantidad de opciones existentes para los nodos de cómputo en un cluster, la selección depende del presupuesto disponible, de las características deseadas en el cluster y de las aplicaciones a ejecutarse. A nivel de sistema se debe evaluar un gran número de características: costo, número de CPUs por nodo, rendimiento de las unidades de enteros y punto flotante, cantidad de RAM soportada, opciones de 32 y 64 bits para direccionamiento de memoria, ancho de banda del CPU y de I/O, presencia de puerto serial para administración por consola, facilidades incorporadas para LAN, etc.

3.1.12 Indicadores económicos para HPC

3.1.12.1 El retorno de la inversión

El retorno de la inversión, conocido por sus siglas ROI, si bien es un indicador esencial en el área económica, se utiliza usualmente en el campo de los proyectos software y en este caso lo vamos a implementar para el desarrollo de un proyecto HPC



Se expone la siguiente ecuación para calcular ROI, considerando como rendimiento de la inversión expresada en términos porcentuales:

$$\text{ROI} = 100 \times (\text{Beneficio Neto Anual} - \text{Costo Desarrollo de HPC Anualizado})$$

Inversión en HPC

- *Beneficio Neto Anual*: la ganancia que aporta HPC como consecuencia de su uso, es decir los beneficios obtenidos más los gastos no incurridos. Deben restarse los gastos operacionales anuales y los de mantenimientos.
- *Costo Desarrollo de HPC Anualizado*: el total del gasto inicial de desarrollo de un proyecto HPC, dividido por los años que se supone que va estar operativo.
- *Inversión*: el total de la inversión realizada (costos de implementación, hardware, software, etc.) dividido por el total de conceptos en los que se invierte.

3.1.12.2 Análisis Costo-Beneficio

La técnica del análisis costo/beneficio tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de los costos en que se incurre en la realización de un proyecto HPC y comparar dicha previsión de los costos con los beneficios esperados en la realización de dicho proyecto.

En general los costos suelen ser cuantificables y estimables en unidades económicas, no así los beneficios, los cuales pueden ser tangibles o intangibles. En un análisis costo/beneficio se debe considerar aquellos aspectos tangibles, es decir, cuantificables en valores como dinero, tiempo, etc., e intangibles, es decir, no ponderables de una forma objetiva. Aunque los beneficios intangibles sean difíciles de cuantificar no hay razón para no tenerlos en cuenta, debiendo involucrar para ello a las diferentes partes de la organización implicadas (*stakeholders*) como (producción, finanzas, ingeniería de producto etc.).



Al efectuar cálculos sobre el costo/ beneficio en áreas de ingeniería en algún momento se van a encontrar elementos que son subjetivos de medir, pero igualmente se lo consideran en las estimaciones de costo / beneficio.

A la hora de realizar una estimación de los costos se debiera considerar lo siguiente:

- Adquisición y mantenimiento de hardware y software.
- Gastos de comunicaciones (internet, equipos de comunicaciones dedicados, etc.).
- Gastos de instalación (cableado, acondicionamiento de sala, recursos humanos y materiales, etc.)
- Costo de desarrollo del software para HPC.
- Gastos (costo anual) del mantenimiento del proyecto HPC
- Gastos de consultoría: En caso de requerirse algún consultor externo en cualquier etapa del proyecto.
- Gastos de formación: de todo tipo de personal (desarrolladores, operadores, implementadores, usuarios finales, etc.).
- Costos derivados de la curva de aprendizaje del personal involucrado.
- Costos financieros, de gestión, etc.

Y para la estimación de beneficios se deben considerar cuestiones como las siguientes:

- Incremento de la productividad: Ahorro o mejor utilización de recursos que dispone la organización.
- Ahorro de gastos de mantenimiento del sistema actual.
- Ahorros de adquisición y mantenimiento de hardware y software, o reutilización de plataformas sustituidas.
- Incremento de ventas o resultados, y disminución de costos producidos por una mejora de la gestión (rotación de stock, "just in time", gestión de relaciones con clientes, etc.).
- Ahorro de material de todo tipo: Sustituido por datos electrónicos que proporciona el sistema, como por ejemplo: papel, correo, etc.
- Beneficios financieros.



- Otros beneficios tangibles: Ahorro de recursos externos, consultoría, formación, etc.
- Beneficios intangibles: Incremento de la calidad del producto o servicio, mejora de la imagen de la compañía, mejora en la atención al cliente, etc.

3.1.12.3 Productividad

La productividad es otro de los indicadores más fuertemente relacionadas con los aspectos económicos de la implementación que de un proyecto de HPC.

No obstante, lo que no puede negarse es que mejoras en la productividad deben tener reflejo en mejoras en el ROI del proyecto, y que la productividad es la principal métrica para medir la eficiencia en un proceso.

De una manera más precisa la productividad puede expresarse como la cantidad de salida (lo producido) por unidad de entrada utilizada. De donde la fórmula de la métrica sería:

$$\text{Productividad del proyecto HPC} = \frac{\text{Tamaño de la Implementación}}{\text{Esfuerzo directamente relacionado}}$$

O desde una visión más general:

$$\text{Productividad Total} = \frac{\text{Funcionalidad Entregada}}{\text{Costo de la Implementación}}$$

La funcionalidad incluye documentación, software, formación, etc., donde el problema que surge es cómo medir estos entregables. Por ello para medir la productividad en HPC se debe definir previamente dos medidas: la salida y la entrada; la primera se suele medir en capacidad de cálculo provista para una mejoras en los procesos, documentos y requisitos entregados.

Para la entrada se utilizan esfuerzo en personas/año y recursos económicos.



4 TERCERA PARTE: MODELO TEORICO

En la siguiente figura 7 se resume el modelo en forma global que esta guía propone para implementación de HPC en las organizaciones.

El foco principal de este modelo es tener un punto de partida para que las organizaciones puedan implementar HPC.

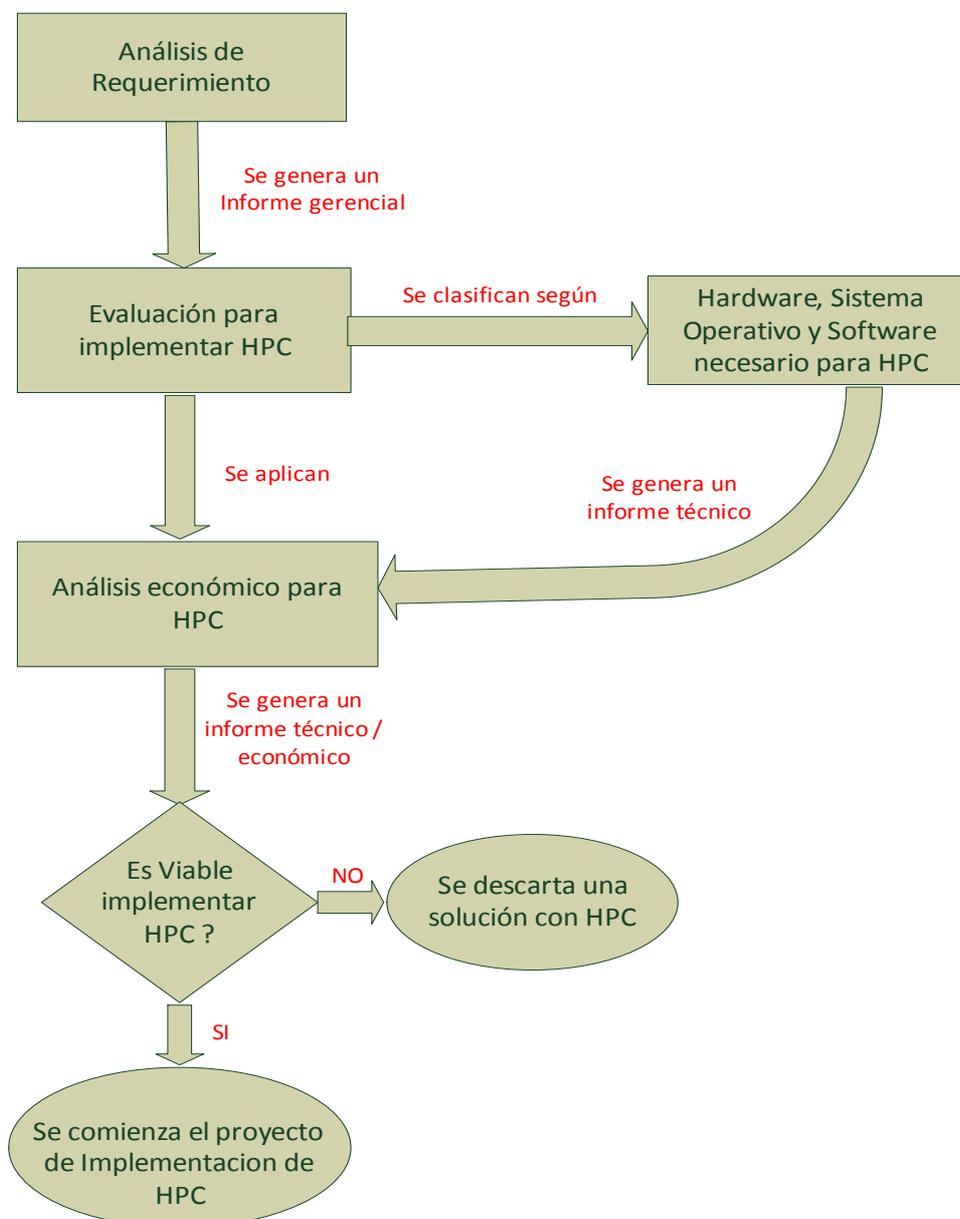


Figura 9: Modelo Propuesto



4.1 Descripción del modelo

A continuación se va desarrollar el modelo propuesto.

4.1.1 Análisis de Requerimiento

Las organizaciones actuales inmersas en un contexto competitivo se debaten la capacidad de adaptación al medio en forma rápida y con cambios menos brusco que pueden afectar la supervivencia, un análisis detallado de sus necesidades es de suma utilidad.

Establecer las necesidades para implementar HPC en la organización no es solo responsabilidad del área de sistema, sino también del alta y media dirección de la organización.

El análisis de la necesidad para HPC deber ser lo más objetivo posible y se debe tener en cuenta los siguientes ítems:

- *Análisis del contexto actual:* es necesario analizar el contexto donde desarrolla las funciones de la organizaciones en lo político, económico y social. Se debe realizar una prevé descripción no perdiendo el objetivo de HPC.
- *Análisis de la competencia en relación a HPC:* debe analizar si la competencia aplica HPC en las áreas o departamentos en donde la organización tiene pensado implementarlo.
- *Situación actual de la organización sin HPC:* Se debe describir la situación de la organización sin HPC, como realiza sus tareas actuales sin HPC.
- *Necesidad que puede satisfacer HPC:* Listar las necesidades que pueda satisfacer HPC.
- *Problemas por no tener HPC:* se debe comentar los problemas más críticos que tiene la organización por no contar HPC.

Con los siguientes ítems analizados se debe elaborar un informe gerencial donde se justifique una implementación de HPC. Este informe tiene un alto valor y es un punto de partida para que una implementación de HPC sea exitosa.

En el anexo A, se muestra el análisis realizado para el caso de estudio.



4.1.2 Evaluación para implementar HPC

Una evaluación para implementar HPC es un análisis para obtener un informe con criterio técnico, el mismo va permitir tener una visión teniendo las variables que intervienen en una solución de HPC.

4.1.2.1 Hardware para HPC

El análisis del hardware va depender de los recursos que dispone la organización para la implementación, se puede mencionar los siguientes ítems a tener cuenta para una evaluación de hardware:

- Solución de HPC basada con hardware homologado por un fabricante, ejemplo, IBM, Intel, Dell, HP, entre otros.
- Una solución de HPC con PC's analizando las ventajas y desventajas.
- Una solución HPC con los recursos que cuenta la organización, aprovechando la capacidad de cálculo que dispone.

Dependiendo de la solución de hardware seleccionada se debe elaborar un informe con las características de cada nodo y realizar una evaluación ya sea con herramientas de terceros o con análisis de los proveedores de hardware.

Características de los Nodos
Motherboard
Procesador – Cantidad de Núcleo
Memoria RAM (Min /Max) soportado
Almacenamiento Interno (Min / Max)
Conectividad

Tabla 3: Característica de los nodos

En el anexo B, se muestra la selección de los nodos para el caso de estudio.



4.1.2.2 Sistemas Operativos para HPC

Tomando como base el estudio comparativo realizado por Mario Trangoni, Matías Cabral¹⁶, se aplica un análisis de decisiones y resolución (DAR)¹⁷. DAR es un proceso que define criterios de evaluación de acuerdo con las necesidades específicas de los usuarios de cluster.

Cada criterio tiene un "peso" de acuerdo a la importancia que tiene **1 (menos relevante) a 10 (más relevante)** Tabla 4, un criterio con un "peso" de 10 es dos veces más importante que uno de cinco.

A diferencia de modelo DAR que el "peso" del criterio se asigna en relación al programa Intel Cluster Ready, en esta guía se asigna el "peso" de los criterios en base a la experiencia del tesista, mejores práctica para un entorno de HPC y de las experiencias del personal (área sistemas) de Alladio S.A.

Los criterios como su "peso" se pueden adaptar a cada organización en base a las experiencias del personal de sistemas o de los usuarios del cluster.

En esta guía se utilizan criterios del estudio comparativo y se establecen otros que se consideran fundamentales para futuras aplicaciones de HPC en las organizaciones.

Al final de la evaluación se realiza una suma de los puntajes, el resultados permite una comparación racional de los sistemas operativos evaluados.

Criterio	Puntaje
Modelo de Licencia	6
Escalabilidad	6

Criterio	Puntaje
Interfaz de usuario para la administración	9
Herramientas de monitoreo integrada	9

¹⁶ A Comparison of Provisioning Systems for Beowulf Cluster

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23622>

¹⁷ Modelo DAR - A Comparison of Provisioning Systems for Beowulf Clusters

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23622>



Método de Aprovisionamiento	6	Herramientas de gestión y administración del cluster	9
Planificación automáticas de tareas	5	Características de seguridad	5
Soporte para software de terceros	9	Utilización de bases de datos	5
Add- on Herramientas de desarrollo	3	Soporte comercial	7
Add- on Librerías MPI	7	Soporte nativo para configurar InfiniBand	5
Add- on Librerías Matemáticas	7	Integración con las configuraciones actuales	9
Soporte aprovisionamiento sin disco	6	Conocimientos del sistema operativo por los usuarios (área sistemas)	9
Línea de comandos para administración del cluster	9		

Tabla 4: Puntaje por criterio de evaluación

Modelo de Licencia

Una licencia de software propietario por lo general implica el pago de una tarifa por su uso durante un tiempo limitado. En algunos casos, la licencia por cores suelen ser costosas.

Un modelo de licencia libre/abierto por lo general permite el acceso al código fuente, una necesidad para las instituciones académicas y de investigación. Por otro lado, las empresas prefieren tener un modelo soporte oficial.

Escalabilidad

Este criterio se refiere al número de nodos que se puede aprovisionar dentro de un tiempo razonable, y al mismo tiempo gestionar adecuadamente por las herramientas de gestión del cluster.



Método de Aprovisionamiento

Es el método en que los nodos son instalados y configurado. Este criterio influye en la escalabilidad del sistema y la versatilidad frente a los cambios de configuración del cluster.

Planificación automática de tareas

Cuando se utiliza cluster con gran número de usuarios, es fundamental contar con un programador de tareas (PT). PT permite automatizar ejecuciones y definir las prioridades o colas para controlar el orden de ejecución de las tareas no relacionadas. Debido a estas razones cuando diferentes usuarios comparten recursos de un cluster el PT simplifica el trabajo del administrador.

Soporte para software de terceros

El soporte de software adicional como plug-in, reduce el tiempo de configuración y el nivel de conocimientos necesario que debe tener el administrador del cluster.

Add-on Herramienta de desarrollo (Software)

Los cluster deben proporcionar las herramientas de desarrollo tales como compiladores, leguajes o librerías necesarias.

Add-on Librerías MPI

Este criterio se refiere a las librerías Message Passing Interface (MPI). Los sistemas de aprovisionamiento podría ofrecer librería de código abierto (por ejemplo: MPICH, OpenMPI) y librería propietaria (ejemplo: Intel MPI, MPI Platform).

Add-on Librerías Matemáticas

Este criterio se refiere a las librerías matemáticas de terceros que ofrecen versiones optimizadas para el hardware (por ejemplo: Intel MKL) o librerías de código abierto (por ejemplo: BLAS, LAPACK).

Soporte aprovisionamiento sin disco



Muchas veces, dependiendo de las necesidades del administrador (el tiempo de implementación, el despliegue de los nodos, el tamaño de la memoria RAM) la instalación sin disco es de suma utilidad. La instalación sin disco es más versátil, ya que solo se requiere de memoria RAM.

Línea de comando para administración del cluster

Este criterio analiza diferentes implementaciones de interfaz de línea de comandos para la administración del cluster. Los sistemas de aprovisionamiento por lo general se administran en línea de comandos con sentencias específicas. También permite la ejecución de tareas en forma automatizada.

Interfaz de usuario para la administración

Para hacer las herramientas más fáciles de usar, algunos sistemas de aprovisionamiento ofrecen interfaces gráficas, adaptada a las características del producto.

Herramienta de Monitoreo integrada

Las herramientas de monitoreo ofrece la posibilidad de verificar el funcionamiento del cluster, muestra el estado de las tareas que se están ejecutando actualmente, y los recursos que se utilizan o disponibles.

Herramienta de gestión y administración del cluster

Las herramientas de gestión es uno de los componentes más importantes de los sistemas de aprovisionamiento, ya que agregar usuarios a un cluster debe ser simple e impactar en toda la infraestructura. Por eso es muy útil contar con una herramienta automatizada de administración.



Característica de seguridad

Este criterio se refiere al software dedicado a proteger el acceso al cluster. Su importancia radica en la protección de la información de los usuarios y asegurar la correcta ejecución de las tareas.

Utilización de bases de datos

En un sistema de aprovisionamiento, la configuración de un cluster se guarda en una base de datos. La base de datos se encuentra en el nodo principal, esto simplifica el aprovisionamiento de los distintos nodos.

Soporte comercial

Este criterio tiene en cuenta la disponibilidad de soporte pago, ofrecido por las empresas que desarrollan los productos.

Soporte nativo para configurar InfiniBand

InfiniBand (IB) ofrece un rendimiento de interconexión superior a Ethernet porque tiene una topología más plana, menos intrusiones en el procesador del servidor y menos latencia. La mayoría de los clusters (<http://www.top500.org/>) utilizan este tipo de interconexión. Un aspecto importante es que deben configurarse correctamente y esto depende de las librerías instaladas.

Integración con las configuraciones actuales

Toda la organización actuales tienen sistemas que integran ciertas áreas, al configurar un cluster se debe tener en cuenta la integración con la infraestructura instalada.



Conocimiento del sistema operativo por los usuarios (área sistemas)

Cualquier proyecto de tecnología se debe tener en cuenta los conocimientos de los actores intervinientes. En caso el proyecto es llevado a cabo por el área sistemas se debe tener en cuenta los conocimientos de sus integrantes.

Características de los sistemas operativos	
Modelo de Licencia	Puntaje
Escalabilidad	Puntaje
Método de Aprovisionamiento	Puntaje
Planificación automática de tareas	Puntaje
Soporte para software de terceros	Puntaje
Add-on herramienta de desarrollo (Software)	Puntaje
Add-on Librerías MPI	Puntaje
Add-on Librerías Matemáticas	Puntaje
Soporte aprovisionamiento sin disco	Puntaje
Línea de comando para administración del cluster	Puntaje
Interfaz de usuario para la administración	Puntaje
Herramienta de Monitoreo integrada	Puntaje
Herramienta de gestión y administración del cluster	Puntaje
Característica de seguridad	Puntaje
Utilización de Bases de datos	Puntaje
Soporte comercial	Puntaje
Soporte nativo para configurar InfiniBand	Puntaje
Integración con las configuraciones actuales	Puntaje
Conocimiento del sistema operativo por los usuarios (área sistemas)	Puntaje
Puntaje Final	

Tabla 5: Características de los sistemas operativos



En el anexo C, se muestra el análisis realizado para el caso de estudio.

4.1.2.3 Software de tercero para HPC

En este punto se detalla las soluciones de software que pueden satisfacer al área donde se requiere implementar HPC. Se debe realizar un análisis en relación a la necesidad, no es lo mismo un software HPC aplicado para administración que para ingeniería.

Como la siguiente guía está basado en el estudio para la área de ingeniería en producto, se van requerir un software CAD y CAE con soporte para HPC.

Requerimientos de Software

En este punto se evalúa los requerimientos de software necesarios para la implementación.

Requerimientos de Hardware

En este punto se evalúa los requerimientos de hardware necesarios para la implementación del software.

Modelo de Licencia

Tipo de licenciamiento, tiempo de duración y costos asociados.

Soporte Comercial

Se tiene en cuenta el costo y el modelo de soporte.

Conocimientos de los usuarios

 I U A INSTITUTO UNIVERSITARIO ERONAUTICO	<i>Trabajo de Grado</i>	
	<i>Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones</i>	
	<i>Versión 2.2</i>	<i>Luna Marcos Jesús</i>

Se evalúa si los usuarios tienen conocimientos con anterioridad en la utilización del software.

Software de terceros para HPC
Requerimientos de Software
Requerimientos de Hardware
Modelo de Licencia
Soporte Comercial
Conocimientos de los usuarios

Tabla 6: Características software para HPC

En el anexo D, se muestra el análisis realizado para el caso de estudio.

4.1.3 Análisis económico para implementar HPC

En este punto se debe realizar un análisis económico donde se produce un informe que permita tomar una decisión sobre la implementación.

El análisis económico contempla calcular Retorno de inversión, análisis costo-beneficio y productividad.

En el anexo E, se muestra el análisis realizado para el caso de estudio.

4.1.4 Viabilidad de la Implementación de HPC

En base a las evaluaciones realizadas se toma la decisión si el proyecto es viable. En caso que el proyecto es viable se comienza proyectar la implementación.



5 CUARTA PARTE: CONCRECIÓN DEL MODELO

5.1 Aplicación de la Guía a un Caso de Estudio

A continuación se describe la forma en que se llevó a cabo la aplicación de la guía a un caso de estudio. Se describirán los métodos, técnicas, materiales y documentos que se utilizaron durante la aplicación, lo cual puede ser útil al lector, como una guía o ayuda para futuras aplicaciones de los procesos que componen la guía propuesta.

Algunos de los datos, nombres, e información obtenida de la organización en la cual se llevó a cabo el caso de estudio, no serán exactamente revelados en este documento, ya que es información de carácter confidencial de la organización.

5.1.1 Técnicas utilizadas durante el relevamiento de la información

Para realizar el relevamiento de información del caso de estudio, se utilizaron algunas de las técnicas sugeridas:

- **Cuestionarios:** se utilizó un cuestionario, con el cual se buscaba recoger un primer conjunto de datos acerca de la organización y de su infraestructura tecnológica.
- **Entrevistas:** se realizaron entrevistas en las oficinas de la organización, con las cuales se logró recoger un volumen mayor de información, con más detalle, y con varias personas del área involucrada. Durante las entrevistas se logró tener un contacto más directo con la organización, y de esta manera descubrir y recoger información adicional.
- **Visitas a instalaciones:** se efectuaron visitas a las instalaciones de la organización. Se realizó una visita al centro de cómputo, así como también una visita al departamento de ingeniería de producto.



5.2 Resultado de la guía de la Aplicación

5.2.1 Caracterización de la Organización

5.2.1.1 Nombre de la Organización

José M. Alladio e Hijos S.A

5.2.1.2 Presentación

José M. Alladio e Hijos S.A. es líder en Argentina en la fabricación de lavarropas automáticos, semiautomáticos, componentes y secarropas; basada en una línea de trabajo que prioriza los más altos valores éticos y el compromiso con el cliente. Sus productos son comercializados en Argentina y en diversos países del mundo.

5.2.1.3 Visión, Misión y Valores



Figura 10: Visión, Misión y Valores de José M. Alladio e Hijos S.A



5.2.1.4 Estructura Organizacional:

La empresa cuenta más 450 empleados, a continuación se presenta un organigrama reducido con los departamentos.

Se detalla el departamento de Ingeniería de Productos ya que esta guía la toma como referencia para el desarrollar del modelo.

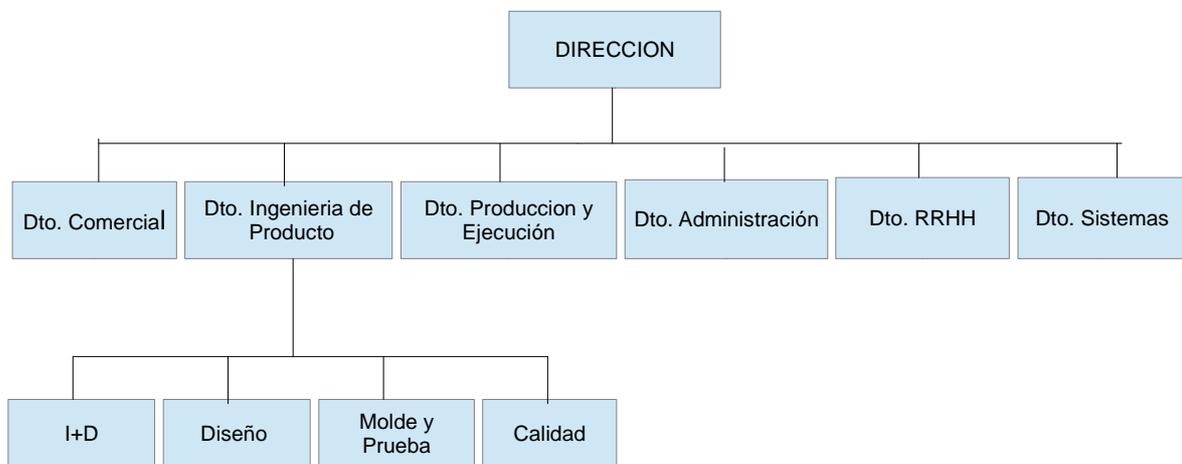


Figura 11: Organigrama de José M. Alladio e Hijos S.A

5.2.1.5 Instalaciones

Está altamente integrada, desarrollando desde el proceso de diseño de sus productos y construcción de matrices hasta su sistema logístico, pasando por los procesos de corte y estampado de chapa, fabricación de ejes diversos, galvanoplastia, inyección de aluminio, inyección de plásticos y diversas células de montaje final.

Procesa por año, 8.800 Tn de aceros, 8.500 Tn de plásticos y 700 Tn de aleaciones de aluminio.



Figura 12: Planta Industrial Luque



Figura 13: Planta Rio Segundo

5.2.1.6 Infraestructura tecnológica

Actualmente Alladio S.A tiene BladeCenter¹⁸ de IBM de la serie H, esta arquitectura de servidores BladeCenter presenta las siguientes ventajas:

- Ahorro de espacio, varios servidores entran en un chasis.
- Reducción de consumo de energía, se consume cinco veces menos energía que una granja de servidores basada en tecnología de rack estándar.
- Ahorro de tiempo, incrementa la productividad y eficiencia del personal técnico ya que es posible instalar nuevos servidores o reemplazar los actuales en caliente.
- Escalabilidad modular.

Los problemas más grandes de los sistemas BladeCenter son los requisitos de energía y enfriamiento. Como los sistemas BladeCenter pueden incluir más procesadores, más

¹⁸http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/bladectr/documentation/index.jsp?topic=/com.ibm.bladecenter.8886.doc/dw1fs_c_rear_view.html



memoria y otros componentes en espacios más pequeños que los otros sistemas, tienden a producir más calor y a exigir más energía. Algunos sistemas BladeCenter pueden incluir 672 procesadores en un chasis, lo cual requeriría 38.400 vatios de energía y produciría más calor que un horno comercial¹⁹.

También se mencionan las siguientes desventajas para un entorno de HPC:

- Los servidores no permite la escalabilidad en disco duros, por lo general se basa en una infraestructura de cajón de disco (Storage).
- El chasis como los servidores tiene un alto costo.
- La escalabilidad está limitada por el módulo y al proveedor del chasis.



Figura 14: Chasis BladeCenter H

Resumen de la característica Chasis IBM BladeCenter H	
Ventajas	Chasis de alto rendimiento y densidad idóneo para las aplicaciones más exigentes.
Ventajas Entornos de máxima calidad (BIC).	Densidad de alto rendimiento
Tamaño de bastidor	9U
Bahías blade	14

¹⁹ <http://www.pcworld.com/>



Número de switch de red	Hasta 4 en serie de alta velocidad.
Módulos de alimentación	Hasta cuatro de 2980WCA
Controladora de gestión de sistemas	Hasta 2
Capacidad de 10GbE o 4X InfiniBand	SI
Predictive Failure Analysis (PFA)	Unidades de disco duro (HDD), procesadores, refrigeración y memoria.
Almacenamiento externo	Compatible con las soluciones de IBM System Storage
Software de gestión de sistemas	IBM Systems Director con herramientas de gestión de sistemas e implementación de prueba, módulo de gestión y gestor de configuración de almacenamiento.

Tabla 7: Características IBM Chasis BladeCenter H

El Chasis BladeCenter H, tiene actualmente ocupado 9 hojas con servidores de las 14 disponibles. Además tiene VMware vSphere 5 como hypervisor para virtualizar los 52 servidores que tiene en producción con diferentes roles (servidores de archivos, servidores de aplicación, servidores de impresión, etc).

La mayoría de los servidores tienen como sistema operativo Windows Server en sus versiones (2003 y 2008). Actualmente tiene un contrato Open License firmado con Microsoft por licencia de software por volúmenes y soporte oficial con una cantidad anual de incidentes a reportar.

5.2.1.7 Servidores IBM BladeCenter HS12

A continuación se detalla los servidores que actualmente cuenta la organización, son 9 servidores para el chasis BladeCenter H.



Procesador	Intel® Xeon® upto 3.0 GHz
Numero de Procesadores (std/max)	1/1
Cache (max)	Upto 6 MB L2 shared (dual-core) or 2x6 MB L2 (quad-core)
Memoria (max)	24 GB
Disco Interno	Disk hot-swap solid-state, hot-swap SAS or non-hot-swap SATA HDDs
Disco Interno	293.6 GB
Place de red	Dual Gigabit Ethernet
I/O	1 PCI-Express expansion y 1 PCI-Express high-speed connection
RAID	Integrated RAID-0 or -1 standard on hot-swap models; optional hardware RAID-5 on SIO to protect critical data (select models)
Sistema Operativos Soportados	Red Hat Linux®, SUSE Linux, Microsoft® Windows Server®, Windows® Small Business Server and IBM OS 4690

Tabla 8: Características Servidor IBM BladeCenter HS12

5.2.1.8 Departamento de Ingeniería de Producto.

En este departamento se realiza la aplicación de esta guía, donde se encuentra trabajando 12 personas que se dividen en la áreas diseño, I+D y puesta en producción.

Actualmente utilizan como software CAD Pro/ENGINEER y CAE Ansys Structural Mechanics.

Para simular el llenado de moldes para inyección de plástico utilizan Pro/Engineer Plastic Advisor. Dentro de las funciones más avanzadas de este software es proporcionar información valiosa para la fabricación de piezas sensibles, permitiendo reducir los diseños y los costos de los moldes.

En caso de necesitar simulaciones de partes mecánicas y fluidos lo terciarizan a una empresa SSP que utiliza Ansys HPC.

5.2.2 Análisis de requerimiento

Actualmente Alladio tiene un plan de inversión donde las dos grandes iniciativas por parte de la empresa para el próximo año son la fabricación nacional de lavavajillas y de heladeras no frost, que se sumarán a las inversiones que están realizando en la adecuación



de sus dos plantas industriales, el incremento de la capacidad productiva y en renovar los modelos de secarropas y de lavarropas “concept”, cuyo inicio de producción está previsto para febrero de 2013 y que en un 30% estarán destinados a la exportación.

Con los desembolsos previstos durante 2012, Alladio pasará de fabricar 2.500 unidades diarias de lavarropas de carga frontal a 2.900 en 2013, de 600 a 1.000 los de carga vertical y aumentar de 1.000 a 1.500 la fabricación de secarropas por día.²⁰

5.2.2.1 Análisis del contexto actual

Alladio fabricará este año 760.000 lavarropas automáticos (9% más que el año pasado), de los cuales exportan 60.000. El crecimiento sostenido del mercado interno, que estima para este año una venta de más de un millón de unidades (de los cuales casi el 90% son de producción nacional) permitió que la empresa registre una tasa anual promedio del 14% de crecimiento en los puestos de trabajo en los últimos 10 años, alcanzando una planta actual de casi 1.700 trabajadores.

Actualmente tiene un plan de inversión donde las dos grandes iniciativas por parte de la empresa para el próximo año son la fabricación nacional de lavavajillas y de heladeras no frost, que se sumarán a las inversiones que están realizando en la adecuación de sus dos plantas industriales, en el incremento de la capacidad productiva y en renovar los modelos de secarropas y de lavarropas “concept”, cuyo inicio de producción está previsto para febrero de 2013 y que en un 30% estarán destinados a la exportación.

Con los desembolsos previstos durante 2012, Alladio pasará de fabricar 2.500 unidades diarias de lavarropas de carga frontal a 2.900 en 2013, de 600 a 1.000 los de carga vertical y aumentar de 1.000 a 1.500 la fabricación de secarropas por día.²¹

²⁰ <http://www.prensa.argentina.ar/2012/09/25/34412-la-firma-alladio-le-comunico-a-giorgi-que-volvera-a-fabricar-lavavajillas-en-el-pais.php>

²¹ <http://www.prensa.argentina.ar/2012/09/25/34412-la-firma-alladio-le-comunico-a-giorgi-que-volvera-a-fabricar-lavavajillas-en-el-pais.php>



5.2.2.2 Análisis de la competencia en relación a HPC

El Desarrollo de productos con las capacidades de HPC ha permitido Whirlpool Corporation tomar un enfoque de sistemas para diseñar no sólo su amplia y variada línea de electrodomésticos, sino también el embalaje que protege los productos durante el transporte. HPC en Whirlpool está operando en un entorno de producción a pleno, donde el retorno de la inversión es significativo. La alta dirección de Whirlpool menciona HPC como un activo estratégico clave.²²

5.2.2.3 Situación actual de la organización sin HPC

La organización al tener proyectos de nuevos productos, necesita realizar nuevas piezas mecánicas donde simular un entorno donde se verifica el comportamiento es vital. Las simulaciones permiten reducir costos por piezas con mal funcionamiento, ya que las mismas terminan afectando la calidad y la marca de sus productos.

Actualmente simulación para piezas mecánicas y fluidos se tercerizan a una empresa que utiliza HPC. Esta tercerización trae como consecuencia que los plazos de entrega son largos generando un costo adicional al proyecto.

Se puede mencionar un caso en particular donde simular el comportamiento de un Brazo-Tambor de una nueva línea de lavarropas demora meses y el costo del mismo fue superior al 10% de valor del molde.

5.2.2.4 Necesidades que puede satisfacer HPC

- Reducir los tiempos de entrega en las simulaciones que se contrata a terceros.

²² <http://www.compete.org/publications/detail/682/whirlpools-home-appliance-rocket-science-design-to-delivery-with-high-performance-computing/>



- Reducir los costos de las simulaciones.
- Aumentar la productividad
- Aumentar I+D en el departamento ingeniería de producto.

5.2.2.5 Problemas por no tener HPC

La organización tiene demora en la puesta de producción de nuevos productos generado por la demoras en la simulaciones de piezas sensibles.

5.2.3 Evaluación para implementar HPC

En este punto se va realizar la evaluación a nivel técnico sobre la implementación de HPC en Alladio S.A

5.2.3.1 Hardware para HPC

Actualmente Alladio cuenta con un Blade Center de IBM que permite adquirir hardware homologado por IBM²³ para HPC aprovechando la infraestructura instalada.

A continuación se extrae del análisis realizado en el Anexo B.

Características nodo IBM BladeCenter H22
Motherboard
IBM
Procesador – Cantidad de Núcleo
2 Intel® Xeon® 5600 series processors, up to 3.60 GHz – 2 Socket
Memoria RAM (Max) soportado

²³ <http://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?infotype=an&subtype=ca&htmlfid=897/ENUS111-035&appname=isource&language=enus>
<http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/tips0822.html>



192 GB Max
Almacenamiento Interno (Min)
Up to 1.0 TB total internal storage
Conectividad
Virtual Fabric Adapter (10 GbE) ships integrated in some models Broadcom 5709S onboard NIC with dual Gigabit Ethernet ports with TOE
Precio
U\$\$ 600 (Precio por Leasing IBM)

Tabla 9: Características Servidor IBM BladeCenter H22

En la siguiente Tabla se analiza la performance de este servidor con Ansys Fluent con 2 Socket y 4 Socket.

Performance measure is Fluent Rating (higher values are better)			
2-socket based Systems IBM HS22/HS22V Blade, 3550/3650 M3, Dx360 M3 (Xeon 5600 Series)			
Nodes	Sockets	Cores	Fluent rating
1	2	12	88
2	4	24	173
4-socket based Systems IBM HX5 Blade, x3850 X5 (Xeon E7-8837 Series)			
Nodes	Sockets	Cores	Fluent rating
1	2	16	96
1	4	32	188

Figura 15: Performance BladeCenter IBM H22²⁴

²⁴ www.ibm.com/ IBM Information Technology Guide For ANSYS Fluent Customers



5.2.3.2 Sistema Operativos para HPC

En la base a la evaluación criterios el sistema operativo que más puntaje obtuvo es Windows 2008 HPC Server.

A continuación se extrae del análisis realizado en el Anexo C.

Características de Windows 2008 HPC Server	
Modelo de Licencia	Puntaje
Pago, licencia por Servidor – Reducción del costo por tener contrato con Microsoft.	6
Escalabilidad	Puntaje
1000 Nodos	6
Método de Aprovisionamiento	Puntaje
Windows Deployment Services – Despliegue se basa en imágenes con soporte para multicasting.	6
Planificación automática de tareas	Puntaje
Job Manager Console – La GUI está integrada en la consola de administración. Línea de comandos con soporte a scripting de Windows PowerShell y ligado a la línea de comandos-scripts de Windows Compute Cluster Server.	5
Soporte para software de terceros	Puntaje
SI	9
Add-on Herramienta de desarrollo (Software)	Puntaje
Visual Studio for HPC	3
Add-on Librerías MPI	Puntaje
MS-MPI	7
Add-on Librerías Matemáticas	Puntaje



Broad Math Libraries .NET Math Libraries	7
Soporte a aprovisionamiento sin disco	Puntaje
SI	6
Línea de comando para administración del cluster	Puntaje
Windows Cluster Service - GUI consola	9
Interfaz de usuario para la administración	Puntaje
SI – Integrada con la consola de administración	9
Herramienta de Monitoreo integrada	Puntaje
Integrada con la consola de administración	9
Herramienta de gestión y administración del cluster	Puntaje
Integrada con la consola de administración	9
Característica de seguridad	Puntaje
A través del Microsoft Active Directory	5
Utilizacion de Bases de datos	Puntaje
Microsoft SQL Server	5
Soporte comercial	Puntaje
SI	7
Soporte nativo configurar Infiniband	Puntaje
SI	5
Integración con las configuraciones actuales	Puntaje
Se integra sin problema, a través del Microsoft Active Directory	9
Conocimiento de los usuarios (área sistemas)	Puntaje
Existe windows en toda la organización, por lo cual los usuarios tienen un alto grado de conocimiento.	9
Puntaje Final	131

Tabla 10: Evaluación de Windows 2008 HPC Server



5.2.3.2 Software para HPC

El software CAD/CAE seleccionado para trabajar con HPC es ANSYS HPC Workgroup, que ofrece soluciones para trabajar en paralelo para mejorar el rendimiento de múltiples simulaciones y mejorar la productividad de los usuarios dentro de un mismo grupo de trabajo.

ANSYS HPC Workgroup incluye los siguientes software ANSYS Mechanical, ANSYS Autodyn, ANSYS Fluent, ANSYS CFX, ANSYS Icepack, y ANSYS Polyflow.

Todos los usuarios utilizan la misma licencia de HPC para ejecución en paralelo.

A continuación se extrae del análisis realizado en el Anexo D.

Software ANSYS HPC Workgroup
Requerimientos de Software
<ul style="list-style-type: none">• Cluster HPC, con sistema operativo Windows 2008 HPC Sever.• Cluster HPC con sistema operativo Linux con cualquier Distribución que soporte cluster HPC.• Librería matemática.• Librerías MPI.
Requerimientos de Hardware
Son los requerimientos de diseño del Cluster HPC. En base a este diseño es la capacidad de procesamiento con que va a trabajar este software.
Modelo de Licencia
Tiene licencia por core (núcleo), más un costo fijo de actualizaciones.
Soporte Comercial
Tiene soporte comercial, el abono del soporte es fijo.
Conocimientos de los usuarios



La mayoría de los usuarios conocen la herramienta CAD de Ansys y algunos las herramientas CAE.

Costos

- Licencia por cada core: U\$\$ 275
- Costo de Actualización anual: U\$\$ 1200.
- Costo de soporte estimado: U\$\$ 3000.

Tabla 11: Evaluación de Ansys HPC Workgroup

5.2.4 Análisis económico para implementar HPC

5.2.4.1 Análisis de ROI

Este indicador financiero mide la rentabilidad de una inversión, es decir, la relación que existe entre la utilidad neta o la ganancia obtenida, y la inversión.

Inversión promedio en HPC

- Hardware: 5 Servidores IBM BladeCenter H22, se calcula un 20% ²⁵ del costo de leasing mensual U\$\$ 3200 mensuales (El Total del Leasing es U\$\$ 16000 mensuales), más un adicional a la compra por única vez de U\$\$ 600 cada servidor.

20 % del Leasing	U\$\$ 3200
Costo adicional por compra x 5 Servidores	U\$\$ 3000

- Licencia de Sistema Operativo: Windows 2008 HPC Server, el costo por cada servidor es de U\$\$ 930.²⁶
- Licencia de Software Ansys HPC Workgroup: la licencia de este producto es por core (núcleo) y el costo es de U\$\$ 275 ²⁷ cada core.

²⁵ El 20% en un cálculo de lo que representa los 5 servidores sobre el total del Leasing.

²⁶ <http://www.microsoft.com/es-es/licensing/licensing-options/enterprise.aspx>



- Consultoría: se toma como base la hora hombre de un administrador de redes (Consejo Profesional de Ciencia Informáticas²⁸) U\$S 50, se estima 140 horas totales entre consultoría y capacitación.

Beneficio neto anual

El beneficio neto expuesto es estimativo en base a un estudio que realizo el departamento de Ingeniería.

U\$S 70000 anual.

Costo anual de operación de HPC

- Leasing de IBM (20% del Leasing): U\$S 38400
- Contrato con Microsoft para HPC: U\$S 4000
- Costo de mantenimiento de Ansys HPC Workgroup: U\$S 4200
- Consultoría Externa x 100 horas: U\$S 5000
- Otros costos: U\$S 5000

$$ROI = \frac{70000 - 56600}{34350} \times 100 = 39\%$$

El resultado de ROI según los beneficios estimados por el departamento de ingeniería es de 39 % para el primer periodo, esta rentabilidad justifica la viabilidad del proyecto de HPC.

5.2.4.2 Análisis Costo-Beneficio

²⁷<http://www.ansys.com/Products/Workflow+Technology/High+Performance+Computing/ANSYS+HPC+Workgroup>

²⁸http://www.cpcipc.org.ar/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=33



Los costos son recurrentes y periódicos, los beneficios conforme al paso del tiempo.

Para este análisis se realizó para un periodo anual.

Costos	Monto Anual
Leasing de IBM (20% del Leasing)	U\$S 38400
Contrato con Microsoft	U\$S 4000
Costo de Ansys HPC Workgroup	U\$S 4200
Consultoría Externa x 100 horas	U\$S 5000
Otros Costos	U\$S 5000
Beneficios Tangibles	Monto Anual
Simulación del comportamiento de piezas mecánicas	U\$S 30000
Simulación del comportamientos de piezas plásticas	U\$S 10000
Simulación de fluidos	U\$S 30000
Beneficios Intangibles	
Capacidad de generar nuevos productos	
Aumentar I+D	
Habilidad para hacer nuevas tecnologías aplicada a sus líneas de productos.	
Aumentar la calidad de los productos.	
Reducir piezas que no cumplen la calidad y las especificaciones.	

Tabla 12: Análisis Costo-Beneficio

5.2.4.3 Análisis de Productividad

Para este estudio la productividad va ser la relación de los servicios (beneficios) anuales que brinda HPC y los costos de estos servicios.



$$Pr oductividad = \frac{70000}{56600} = 1,23$$

La productividad es 1,23, este cálculo representa el primer periodo del proyecto.

Por el momento la productividad es muy baja, pero a lo largo de los próximos periodos tiende a aumentar.

5.2.5 Viabilidad de la Implementación de HPC

El 97 % de las empresas²⁹ industriales que emplean la HPC la consideran indispensable para su capacidad de innovar, competir y sobrevivir, hoy en día se puede decir que para José M. Alladio e Hijos S.A HPC es vital, para fortalecer su crecimiento en base a la innovación y a la productividad.

Las evaluaciones técnicas y económicas realizadas en esta guía, demuestra que un proyecto de HPC en la organización José M. Alladio e Hijos S.A, es totalmente viable.

5.2.6 Desarrollo del Cluster HPC

A continuación se va a detallar el modelo de cluster a implementar en José M. Alladio e Hijos S.A.

5.2.6.1 Esquema de un Cluster con Chasis IBM BladeCenter H

²⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0045:FIN:ES:HTML>

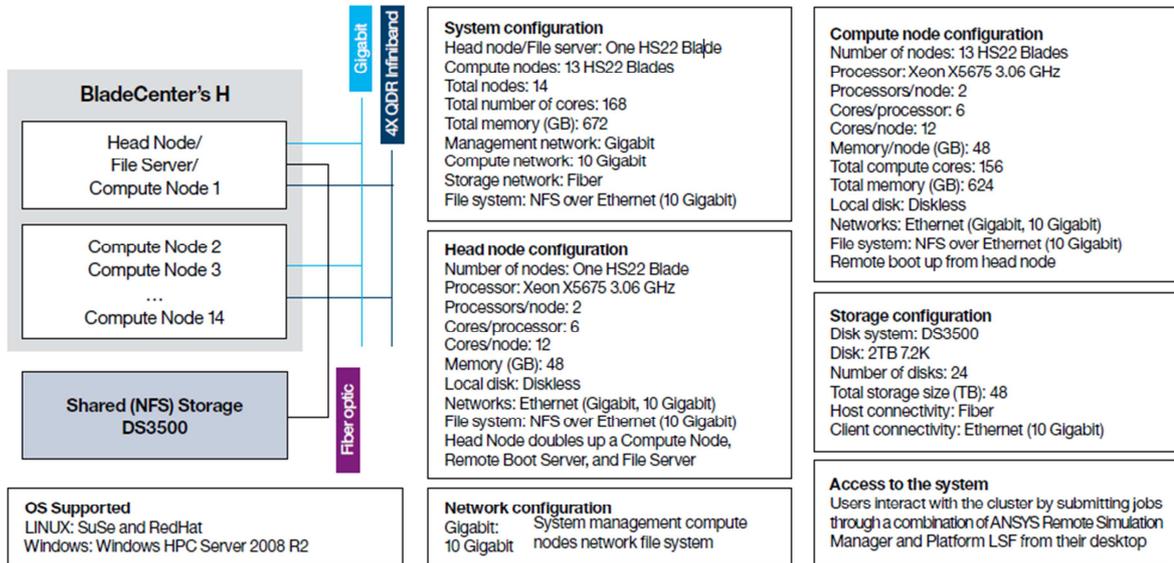


Figura 16: Esquema Cluster Chasis BladeCenter H

5.2.6.2 Esquema del Cluster con Windows 2008 HPC Server

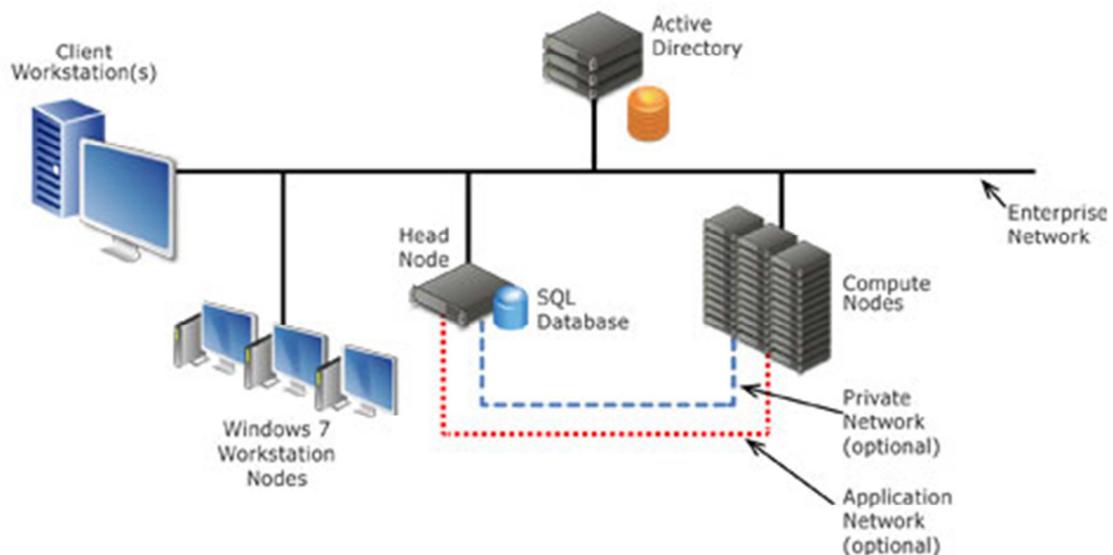


Figura 17: Esquema de Cluster Windows 2008 HPC



Características del Esquema

- Modelo Asimétrico, con un Nodo Cabeza (Head).
- Permite aumentar el procesamiento aprovechando las desktops como nodos secundarios.
- Utiliza 3 redes para dividir tráfico de la red de trabajo, la red de aplicaciones y la red privada para el cluster.
- Se integra las políticas de seguridad de los usuarios bajo Active Directory.
- Se guarda las configuraciones del cluster y los nodos en base de datos.

5.2.6.1 Creación de un Cluster con Windows 2008 HPC Server

Microsoft recomienda aplicar las siguientes etapas para el desarrollo de un cluster con Windows 2008 HPC Server.



Figura 18: Pasos para crear un Cluster con Windows 2008 HPC Server³⁰

1. Creación del Cluster: instalar el sistema operativo en el nodo cabeza y unir este nodo al dominio de Active Directory y después instalar el HPC pack para Windows 2008 R2.
2. Configurar el Cluster: en esta etapa se debe configurar las redes privadas y de aplicación. También se debe crear una plantilla para el despliegue de los nodos (incluye instalación del sistema operativo, actualizaciones y aplicaciones necesarias).

³⁰ www.microsoft.com/hpc



I
U
A
NSTITUTO
NIVERSITARIO
ERONAUTICO

Trabajo de Grado

Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones

Versión 2.2

Luna Marcos Jesús

3. Despliegue de los Nodos: instalación del sistema operativos, instalación de HPC Pack 2008 R2 (se realizan con la plantilla) y agregar los nodos al cluster.



6 CONCLUSIONES

Como objetivo de esta investigación se desarrolló una guía donde se explica en detalle cada uno de los pasos a seguir para implementar HPC, considerando posibles condiciones o situaciones particulares de las organizaciones, que se identificaron a lo largo del trabajo.

Durante el desarrollo del proyecto fue importante el seguimiento de un discurso metodológico, que permitió estructurar de manera apropiada los contenidos, objetivos, desarrollo y resultados del trabajo realizado

Como se describió al comienzo se ha especificado un objetivo general y varios específicos. En cuanto al objetivo general de esta investigación, se ejecutó una prueba de la guía planteada, a través de un caso de estudio en una organización; en donde se buscó analizar los requerimientos, viabilidad, aplicabilidad, ventajas y limitaciones para implementar HPC.

En cuanto al objetivo específico **“Llevar a cabo una investigación y contextualización”**, se definió conceptos importante de HPC por las organizaciones de todas índoles, prestando atención al contexto donde puede estar inmerso. Para el caso de estudio se analizó un contexto competitivo para un departamento de ingeniería de producto, podemos decir que este objetivo se cumplió en su totalidad.

El cuanto al objetivo específico **“Construir una guía para los responsable de sistemas”**, este objetivo se cumplió ya que se generó a través del modelo planteado una guía con sugerencias y ejemplos, de cómo poder llegar a cuantificar de manera estimada, los factores intangibles y de los requerimientos para implementar HPC.

El cuanto al objetivo específico **“Realizar un análisis técnico y de evaluación económica”**, este objetivo podemos decir que se cumplió siguiendo el modelo planteado permitiendo realizar un análisis técnico de lo necesario para implementar HPC y su efecto económico.

El cuanto al objetivo específico **“Evaluar los resultados de los análisis realizados”**, se puede afirmar que ésta es viable y aplicable, teniendo en cuenta las limitaciones que fueron presentadas y detalladas, y que podrían mejorarse en futuras investigaciones.



ANEXO A

 I NSTITUTO U NIVERSITARIO A ERONAUTICO	INFORME GERENCIAL
	Análisis de Requerimiento
Organización	Alladio S.A
Departamento	Ingeniería de Producto
Fecha	12 de Noviembre del 2012
Lugar	Luque – Córdoba
Responsable de Área	Ing. Raul Ranciglio
Versión	1.0
Análisis del contexto actual	
<p>Alladio fabricará este año 760.000 lavarropas automáticos (9% más que el año pasado), de los cuales exportan 60.000. El crecimiento sostenido del mercado interno, que estima para este año una venta de más de un millón de unidades (de los cuales casi el 90% son de producción nacional) permitió que la empresa registre una tasa anual promedio del 14% de crecimiento en los puestos de trabajo en los últimos 10 años, alcanzando una planta actual de casi 1.700 trabajadores.</p> <p>Actualmente tiene un plan de inversión donde las dos grandes iniciativas por parte de la empresa para el próximo año son la fabricación nacional de lavavajillas y de heladeras no frost, que se sumarán a las inversiones que están realizando en la adecuación de sus dos plantas industriales, en el incremento de la capacidad productiva y en renovar los modelos de secarropas y de lavarropas “concept”, cuyo inicio de producción está previsto para</p>	



febrero de 2013 y que en un 30% estarán destinados a la exportación.

Con los desembolsos previstos durante 2012, Alladio pasará de fabricar 2.500 unidades diarias de lavarropas de carga frontal a 2.900 en 2013, de 600 a 1.000 los de carga vertical y aumentar de 1.000 a 1.500 la fabricación de secarropas por día.³¹

Análisis de la competencia en relación a HPC

El Desarrollo de productos con las capacidades de HPC ha permitido Whirlpool Corporation tomar un enfoque de sistemas para diseñar no sólo su amplia y variada línea de electrodomésticos, sino también el embalaje que protege los productos durante el transporte. HPC en la empresa está operando en un entorno de producción a pleno, donde de retorno de la inversión es significativo. La alta dirección de Whirlpool menciona HPC como un activo estratégico clave.³²

Situación actual de la organización sin HPC

La organización al tener proyectos de nuevos productos, necesita realizar nuevas piezas mecánicas donde simular un entorno donde se verifica el comportamiento es vital. Las simulaciones permiten reducir costos por piezas con mal funcionamiento, ya que las mismas terminan afectando la calidad y la marca de sus productos.

Actualmente simulación para piezas mecánicas y fluidos se tercerizan a una empresa que utiliza HPC. Esta tercerización trae como consecuencia que los plazos de entrega son largos generando un costo adicional al proyecto.

Se puede mencionar un caso en particular donde simular el comportamiento de un Brazo-Tambor de una nueva línea de lavarropas demora meses y el costo del mismo fue superior al 10% de valor del molde.

³¹ <http://www.prensa.argentina.ar/2012/09/25/34412-la-firma-alladio-le-comunico-a-giorgi-que-volvera-a-fabricar-lavavajillas-en-el-pais.php>

³² <http://www.compete.org/publications/detail/682/whirlpools-home-appliance-rocket-science-design-to-delivery-with-high-performance-computing/>



Necesidades que puede satisfacer HPC

- Reducir los tiempos de entrega en las simulaciones que se contrata a terceros.
- Reducir los costos de las simulaciones.
- Aumentar la productividad
- Aumentar I+D en el departamento ingeniería de producto.

Problemas por no tener HPC

La organización tiene demora en la puesta de producción de nuevos productos generado por la demoras en la simulaciones de piezas sensibles.

ANEXO B

 I NSTITUTO U NIVERSITARIO A ERONAUTICO	INFORME TECNICO
	Evaluación para implementar HPC
Organización	Alladio S.A
Departamento	Sistemas
Fecha	12 de Noviembre del 2012
Lugar	Luque – Córdoba
Responsable del Departamento	Ing. Javier Dogliani
Autores	Departamento Sistema.
Versión	1.0
HARWARE PARA HPC	
<p>La organización cuenta con chasis BladeCenter, por lo cual la implementación de HPC se va realizar con servidores IBM para chasis BladeCenter, esto permite reducir los costos de</p>	



implementación y de generación de nueva infraestructura. A continuación se detalla los servidores IBM BladeCenter H12 y H22 para los nodos, se analizan estos servidores debido que la organización tiene Leasing con IBM para cambios de equipos e infraestructura cada 2 años.

Características de IBM BladeCenter H12
Motherboard
IBM
Procesador – Cantidad de Núcleo
Intel® Xeon® up to 3.0 GHz – 1 Socket
Memoria RAM (Max) soportado
24 GB Max
Almacenamiento Interno HDD (Min)
293.6 GB.
Conectividad
Dual Gigabit Ethernet
Precio
U\$S 400 (Precio por Leasing IBM)

Características de IBM BladeCenter H22
Motherboard
IBM
Procesador – Cantidad de Núcleo
2 Intel® Xeon® 5600 series processors, up to 3.60 GHz – 2 Socket
Memoria RAM (Max) soportado
192 GB
Almacenamiento Interno (Max)



	Up to 1.0 TB total internal storage	
	Conectividad	
	Virtual Fabric Adapter (10 GbE) ships integrated in some models Broadcom 5709S onboard NIC with dual Gigabit Ethernet ports with TOE	
	Precio	
	U\$S 600 (Precio por Leasing IBM)	
Conclusión		
<p>Debido relación precio/servidor la decisión fue para el servidor BladeCenter H22. Debo aclarar este precio es por tener Leasing con IBM, cuyo abono mensual es de U\$S 16.000. Al adquirir nuevo equipamiento se paga por única vez un adicional, para el caso de la evaluación es U\$S 400 y U\$S 600, respectivamente.</p>		

ANEXO C

 I NSTITUTO U NIVERSITARIO A ERONAUTICO	INFORME TECNICO
	Evaluación para implementar HPC
Organización	Alladio S.A
Departamento	Sistemas
Fecha	12 de Noviembre del 2012
Lugar	Luque – Córdoba
Responsable de Área	Ing. Javier Dogliani
Versión	1.0
Análisis de Sistemas Operativos para HPC	



I
U
A
NSTITUTO
NIVERSITARIO
ERONAUTICO

Trabajo de Grado

Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones

Versión 2.2

Luna Marcos Jesús

A continuación se va realizar la evaluación en base al puntaje de cada criterio, el puntaje final va permitir tener una decisión racional sobre el sistema operativo para implementar HPC.



Características de Windows 2008 HPC Server	
Modelo de Licencia	Puntaje
Pago, licencia por Servidor – Reducción del costo por tener contrato con Microsoft.	6
Escabilidad	Puntaje
1000 Nodos	6
Método de Aprovisionamiento	Puntaje
Windows Deployment Services – Despliegue basado en imágenes con soporte para multicasting.	6
Planificación automática de tareas	Puntaje
Job Manager Console – La GUI está integrada en la consola de administración. Línea de comandos con soporte a scripting de Windows PowerShell y ligado a la línea de comandos-scripts de Windows Compute Cluster Server.	5
Soporte para software de terceros	Puntaje
SI	9
Add-on Herramienta de desarrollo (Software)	Puntaje
Visual Studio for HPC	3
Add-on Librerías MPI	Puntaje
MS-MPI	7
Add-on Librerías Matemáticas	Puntaje
Broad Math Libraries .NET Math Libraries	7
Soporte a aprovisionamiento sin disco	Puntaje
SI	6
Línea de comando para administración del cluster	Puntaje



Windows Cluster Service - GUI console	9
Interfaz de usuario para la administración	Puntaje
SI – Integrada con la consola de administración	9
Herramienta de Monitoreo integrada	Puntaje
Integrada con la consola de administración	9
Herramienta de gestión y administración del cluster	Puntaje
Integrada con la consola de administración	9
Característica de seguridad	Puntaje
A través del Microsoft Active Directory	5
Utilización de bases de datos	Puntaje
Microsoft SQL Server	5
Soporte comercial	Puntaje
SI	7
Soporte para configuración Infinband	Puntaje
SI	5
Integración con las configuraciones actuales	Puntaje
Se integra sin problema a través del Microsoft Active Directory	9
Conocimiento de los usuarios (área sistemas)	Evaluación
Se Windows en toda la organización, por lo cual los usuarios tienen un alto grado de conocimiento.	9
Puntaje Final	131



Modelo de Licencia	Puntaje
Gratis hasta 16 Nodos, después existe licencia	6
Escalabilidad	Puntaje
1000 Nodos	6
Método de Aprovechamiento	Puntaje
Packages, Avalanche Ad-Hoc Peer-to-Peer Package Serving Network.	6
Planificación automática de tareas	Puntaje
SGE(Oracle)(*) Moab(*) Univa Grid Engine(*) PBS Pro(*) LSF Roll (Platform)(*)	5
Soporte para software de terceros	Puntaje
SI	9
Add-on herramienta de desarrollo	Puntaje
GNU Compilers CUDA roll Absoft Roll* (Absoft Compilers) Intel Developer Roll PGI Roll Totalview Roll	3
Add-on Librerías MPI	Puntaje
HPC Roll (open libraries) Extra with Intel Roll(*) Extra with PGI Roll(*)	7
Add-on Librerías Matemáticas	Puntaje



Intel MKL(*) Open Source math libraries	7
Soporte a aprovisionamiento sin disco	Puntaje
NO	0
Línea de comando para administración del cluster	Puntaje
SI - ROCKS commands	9
Interfaz de usuario para la administración	Puntaje
NO	0
Herramienta de Monitoreo Integrada	Puntaje
NO- Existe Ganglia Monitor como herramienta pero no está integrada a la consola de administración	0
Herramienta de gestión y administración del cluster	Puntaje
SI - ROCKS commands	9
Característica de seguridad	Puntaje
Rocks sync host sec_attr	5
Utilización de bases de datos	Puntaje
Mysql	5
Soporte comercial	Puntaje
SI	7
Soporte nativo para configurar Infiniband	Puntaje
SI - OFED Roll (Mellanox binaries)	5
Integración con las configuraciones actuales	Puntaje
No integra en forma transparente a una infraestructura Windows.	0
Conocimiento de los usuarios (área sistemas)	Puntaje
Actualmente los usuarios no tienen los conocimientos avanzado de Linux.	0
Puntaje Final	89



Conclusión

En base a la evaluación de los criterios demuestra que Windows 2008 HPC Server es el sistema operativo que mejor se adapta a esta organización para implementar HPC, debido que cumple con alto puntaje en los criterios que se consideraron importantes.

Actualmente la organización tiene contrato por volumen de licencia con Microsoft, lo que le permite obtener ciertas versiones de productos a un costo menor y actualizado.

ANEXO D

 I NSTITUTO U NIVERSITARIO A ERONAUTICO	INFORME TECNICO
	Evaluación para implementar HPC
Organización	Alladio S.A
Departamento	Ingeniería de Producto – Sistemas
Fecha	12 de Noviembre del 2012
Lugar	Luque – Córdoba
Responsable de Área	Ing. Raul Ranciglio - Ing. Javier Dogliani
Versión	1.0
Análisis de Software CAD/CAE para HPC	
<p>En este informe se va a realizar un análisis de los 2 software CAD/CAE para HPC más importantes y reconocidos por la industria a nivel mundial.</p> <p>CD-ADAPCO</p>	



CD-adapco³³ es el más grande proveedor de software de simulación de ingeniería, soporte y servicios del mundo. Tiene más de 30 años de experiencia en la entrega de simulación de ingeniería industrial para una amplia gama de industrias y áreas de aplicación.

Tiene más de 7000 usuarios del software, trabajan en 3000 empresas diferentes, con inversiones de más de 165 millones de dólares en software y servicios.

Los índices de aprobación de los clientes son altos, en las últimas encuestas un 93% de los clientes se declararon satisfechos o muy satisfechos con el software y los servicios brindados, lo que refleja una tasa de retención considerablemente alta.

Constantemente crece a un ritmo de más del 17% anual, CD-adapco emplea a más de 700 personas con talento, que trabajan en 30 oficinas de todo el mundo, que participan en el apoyo especializado, desarrollo de software y servicios de ingeniería.

ANSYS

Fundada en 1970, ANSYS³⁴ emplea a más de 2.100 profesionales, y muchos de ellos son ingenieros expertos en campos tales como el análisis de elementos finitos, dinámica de fluidos computacional, la electrónica y el electromagnetismo, y la optimización del diseño. El personal de ANSYS cuenta más ingenieros con maestría y doctorado que cualquier otro proveedor de simulación.

Más de 40.000 clientes en todo el mundo utilizan el software ANSYS. Estos incluyen 96 de las 100 mayores empresas industriales en la lista Fortune 500.

Los clientes representan una amplia gama de industrias, incluyendo la aeroespacial, electrónica automotriz, energía, materiales y procesos químicos, turbomaquinaria, la academia, la ingeniería civil, productos de consumo, salud, deportes y otros.

³³ <http://www.cd-adapco.com/about/>

³⁴ <http://www.ansys.com/About+ANSYS>



Software CD-ADAPCO Optimate HPC³⁵

Requerimientos de Software

- Cluster HPC, con sistema operativo Windows 2003 HPC Sever o superior.
- Cluster HPC con sistema operativo Linux Red-Hat Enterprise versión 4 o superior.
- Librería matemática.
- Librerías MPI.

Requerimientos de Hardware

Son los requerimientos de diseño del Cluster HPC. En base a este diseño en la capacidad de procesamiento con que va a trabajar este software.

Modelo de Licencia

Tiene licencia por procesador y un costo adicional actualizaciones.

Soporte Comercial

Tiene soporte comercial, el abono del soporte varía según la cantidad de procesadores licenciado.

Conocimientos de los usuarios

Poco conocimientos de los usuarios, del staff de ingeniería solo 2 personas conocen el software.

Costos

- Licencia por cada Procesador: U\$\$ 2350.
- Costo de Actualización anual: U\$\$ 4000.
- Costo de soporte estimado: U\$\$ 5000

³⁵ http://www.cd-adapco.com/products/star_ccm_plus/optimate.html

<http://www.cd-adapco.com/support/>



Software ANSYS HPC Workgroup ³⁶
Requerimientos de Software
<ul style="list-style-type: none">• Cluster HPC, con sistema operativo Windows 2008 HPC Sever.• Cluster HPC con sistema operativo Linux con cualquier Distribución que soporte cluster HPC.• Librería matemática.• Librerías MPI.
Requerimientos de Hardware
Son los requerimientos de diseño del Cluster HPC. En base a este diseño en la capacidad de procesamiento con que va a trabajar este software.
Modelo de Licencia
Tiene licencia por core (núcleo), más un costo fijo de actualizaciones.
Soporte Comercial
Tiene soporte comercial, el abono del soporte fijo.
Conocimientos de los usuarios
La mayoría de los usuarios conocen la herramienta CAD de Ansys y algunos las herramientas CAE.
Costos
<ul style="list-style-type: none">• Licencia por cada core: U\$S 275• Costo de Actualización anual: U\$S 1200.

³⁶<http://www.ansys.com/Products/Workflow+Technology/HighPerformance+Computing/ANSYS+HPC+Workgroup>



- Costo de soporte estimado: U\$S 3000.

Conclusión

Debido al análisis que se realizó a los 2 software CAD/CAE, el que mejor se adapta por sus relación Costo/Beneficio es Ansys HPC Workgroup.

También en la decisión se tuvo en cuenta la experiencia de los usuarios que conocen las herramientas de CAD/CAE de Ansys.

ANEXO E

 I NSTITUTO U NIVERSITARIO A ERONAUTICO	INFORME ECONOMICO
	Análisis económico para HPC
Organización	Alladio S.A
Departamento	Administrativo Contable- Ingeniería de Producto- Sistemas
Fecha	12 de Noviembre del 2012
Lugar	Luque – Córdoba
Responsable de Área	Cr. Jorge Rosso- Ing. Raul Ranciglio– Ing. Javier Doglani
Versión	1.0
ROI	



Este indicador financiero mide la rentabilidad de una inversión, es decir, la relación que existe entre la utilidad neta o la ganancia obtenida, y la inversión.

Inversión promedio en HPC

- Hardware: 5 Servidores IBM BladeCenter H22, se calcula un 20%³⁷ del costo de leasing mensual U\$\$ 3200 mensuales (El Total del Leasing es U\$\$ 16000 mensuales), más un adicional a la compra por única vez de U\$\$ 600 cada servidor.

20 % del Leasing	U\$\$ 3200
Costo adicional por compra x 5 Servidores	U\$\$ 3000

- Licencia de Sistema Operativo: Windows 2008 HPC Server, el costo por cada servidor es de U\$\$ 930.³⁸
- Licencia de Software Ansys HPC Workgroup: la licencia de este producto es por core (núcleo) y el costo es de U\$\$ 275³⁹ cada core.
- Consultoría: se toma como base la hora hombre de un administrador de redes (Consejo Profesional de Ciencia Informáticas⁴⁰) U\$\$ 50, se estima 140 horas totales entre consultoría y capacitación.

Beneficio neto anual

El beneficio neto expuesto es estimativo en base a un estudio que realizo el departamento de Ingeniería.

U\$\$ 70000 anual.

³⁷ El 20% en un cálculo de lo que representa los 5 servidores sobre el total del Leasing.

³⁸ <http://www.microsoft.com/es-es/licensing/licensing-options/enterprise.aspx>

³⁹ <http://www.ansys.com/Products/Workflow+Technology/High+Performance+Computing/ANSYS+HPC+Workgroup>

⁴⁰ http://www.cpcipc.org.ar/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=33



Costo anual de operación de HPC

- Leasing de IBM (20% del Leasing): U\$S 38400
- Contrato con Microsoft para HPC: U\$S 4000
- Costo de mantenimiento de Ansys HPC Workgroup: U\$S 4200
- Consultoría Externa x 100 horas: U\$S 5000
- Otros costos: U\$S 5000

$$ROI = \frac{70000 - 56600}{34350} \times 100 = 39\%$$

El resultado de ROI según los beneficios estimados por el departamento de ingeniería es de 39 % para el primer periodo, una rentabilidad justifica la viabilidad del proyecto de HPC.

Análisis Costo-Beneficio

Los costos son recurrentes y periódicos, los beneficios conforme al paso del tiempo. Para este análisis se realizó para un periodo anual.

Costos	Monto Anual
Leasing de IBM (20% del Leasing)	U\$S 38400
Contrato con Microsoft	U\$S 4000
Costo de Ansys HPC Workgroup	U\$S 4200
Consultoría Externa x 100 horas	U\$S 5000
Otros Costos	U\$S 5000
Beneficios Tangibles	Monto Anual
Simulación del comportamiento de piezas mecánicas	U\$S 30000
Simulación del comportamientos de piezas plásticas	U\$S 10000
Simulación de fluidos	U\$S 30000
Beneficios Intangibles	



Capacidad de generar nuevos productos	
Aumentar I+D	
Habilidad para hacer nuevas tecnologías aplicada a sus líneas de productos.	
Aumentar la calidad de los productos.	
Reducir piezas que no cumplen la calidad y las especificaciones.	
Productividad	
<p>Para este estudio la productividad va ser la relación de los servicios (beneficios) anuales que brinda HPC y los costos de estos servicios.</p>	
$Pr oductividad = \frac{70000}{56600} = 1,23$	
<p>La productividad es 1,23, este cálculo representa el primer periodo del proyecto.</p> <p>Por el momento la productividad es muy baja, pero a lo largo de los próximos periodos tiende aumentar.</p>	
Conclusión	
<p>En cálculo estimativo de las métricas da una visión de que la viabilidad del proyecto de HPC es factible.</p> <p>Para este informe se tuvo en cuenta diferentes factores que intervienen en el proyecto, pero no son únicos.</p> <p>Los factores como sala de servidores, sistema continuo de energía, entre otros no se tuvieron en cuenta para este caso de este estudio.</p>	



Referencias Bibliográficas

Libros

High Performance Linux Clusters with OSCAR, Rocks, OpenMosix, and MPI By Joseph O'Reilly Media - 2005

Cluster computing at a glance

M. Baker, R. Buyya, Software Practice and Experience 29 (6), pp. 551-576, 1999.

Cost-Effective HPC Clustering For Computer Vision Applications

Julia Dietlmeier, Se'an Begley and Paul F. Whelan
Dublin City University - Dublin, Ireland

Linux HPC Cluster Installation

IBM - RedBook - 2001

High Performance Computing and Architectures Groupand

Universidad Jaime I de Castellón - ANACAP - 2008

Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers

By Geroge Hager and Gerhard Wellein – CRC Press 2011

Papers

Taller de Cluster HPC en Linux

Univesidad Autónoma Metropolitana -

Link: <http://esfm.ipn.mx/webmaster/documentos/cluster%20HPC%20Linux.pdf>

Cluster FING: Arquitectura y Aplicaciones

Facultad de Ingeniería - Universidad de la República, Uruguay

Link: http://www.fing.edu.uy/cluster/grupo/cluster_arquitectura_y_aplicaciones.pdf

Computación de Alto Rendimiento con Clusters de PCs

Escuela Politécnica Nacional

Link: <http://clusterfie.epn.edu.ec/clusters/Publicaciones/HTML/articulo1.htm>

PlanetHPC goes live

Universidad de Edimburgo

<http://www.epcc.ed.ac.uk/papers/planethpc-goes-live>



High-Performance Computing Symposium

Jornada Argentinas de Informaticas

Link: <http://www.39jaiio.org.ar/hpc>

High Performance Computing Systems

Research Computing and Cyberinfrastructure

Link: <http://rcc.its.psu.edu/resources/hpc/>

Computación de Altas Prestaciones Paradigmas y Bibliotecas de Programación basadas en Software Libre.

Universidad da Coruña

Link: <http://gac.udc.es/inicio.htm>

Sincronizados en Clusters con Nodos de Múltiples Núcleos

Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata

Link: sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/.../Documento_completo.pdf

High Performance Computing and Architectures Group

Universidad Jaime I de Castellón

Link: <http://www.hpca.uji.es/>

Cluster de Alto Retorno de Inversión para Aplicaciones Geofísicas

Universidad del Caribe, Cancún, Quintana Roo, México

Link: www.conais.ujat.mx/historico/conais2007/descargas/_3.pdf

Sitios de Internet

High Performance Computing

Link: http://en.wikipedia.org/wiki/High-performance_computing

Technical Overview of Windows HPC Server 2008

Microsoft - September 2008

www.microsoft.com

Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo

Link: <http://cordis.europa.eu/>

Departamento de Energía de los EEUU.

<http://science.energy.gov/ascr/news-and-resources/workshops-and-conferences/hpc-best-practices-workshops/>



I NSTITUTO
U NIVERSITARIO
A ERONAUTICO

Trabajo de Grado

Cómputo de Altas Prestaciones en las Organizaciones

Versión 2.2

Luna Marcos Jesús

HPC Wire

<http://www.hpcwire.com/whitepapers/2012/topic/hpcwhitepapers?limit=10>

HPC Latam

<http://hpc2010.hpclatam.org/>

HPC World

<http://www.hpcworld.eu/>

Intel

http://www.intel.com/es_LA/itcenter/topics/hpc/index.htm

Rock Clusters

<http://www.rocksclusters.org/rocks-documentation/>