

Diseño de una arquitectura de clúster de altas prestaciones para departamentos de TIC de la Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas

Design of the processes for the creation of a high-performance cluster for ICT departments of the Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas

Desenho dos processos para a criação de um cluster de alto desempenho para departamentos de TIC da Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas

Jaime Darío Rodríguez Vizúete

jaime.rodriguez.vizúete@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1397-718X>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador

Richard Alejandro Macías-Lara

alejandro.macias@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2164-3171>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador

Aldo Patricio Mora-Olivero

aldo.mora.olivero@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4337-7452>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador

Héctor Andrés Sacón-Klinger

hector.sacon@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6585-4793>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador

Sandra María Sosa Calero

sandra.sosa.calero@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9568-1907>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador

RESUMEN

El propósito del presente trabajo tiene como objetivo el diseño de una arquitectura de clúster de altas prestaciones para el departamento de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE), el mismo que permitirá dar apoyo de altas prestaciones en aplicaciones o servicios que lo requieran. Con la tecnología clúster el departamento de TIC de la PUCESE podría mejorar la redundancia de datos en los servicios que se manejan, de esta manera se tendría la continuidad del negocio en caso de existir algún error en los sistemas actuales que se manejan para llevar a cabo el correcto respaldo de información. La presente investigación se enfoca en presentar un diseño de arquitectura de clúster para mejorar los procesos que se emplean en los servidores por medio de discos espejos para llevar a cabo una alta disponibilidad de los datos. Además, se emplea una solución técnica basada en la metodología de cascada para el diseño de los procesos de la creación del clúster. También, se detalla una descripción de los requerimientos de las configuraciones del sistema deseado para alcanzar un clúster de alta disponibilidad, luego se define el diseño y los detalles de hardware y software para esta posible implementación, del mismo modo, se establecen los tiempos y recurso para poner en marcha esta tecnología. Por ende, este estudio está estructurado de la siguiente manera: la introducción, artículos relacionados donde se detallan antecedentes de la investigación, luego se plasma el estado del arte donde se destacan los fundamentos teóricos relacionados con los aspectos conceptuales requeridos para este proyecto, por consiguiente se indica la metodología y herramientas utilizadas para el desarrollo del estudio basado en el diseño de una arquitectura de clúster para el departamento de TIC de la PUCESE, siguiendo de los resultados obtenidos luego del diseño del clúster, y finalmente las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Palabras Claves: Clúster, Alta Disponibilidad, Misiones Críticas, Altas Prestaciones, Súper computo.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to design a high-performance cluster architecture for the Department of Information and Communication Technologies (ICT) of the Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE),

which will allow high performance support in applications or services that require it. With cluster technology, the ICT department of PUCESE could improve the redundancy of data in the services that are managed, in this way there would be business continuity in the event of an error in the current systems that are managed to carry out the correct backup of information. This research focuses on presenting a cluster architecture design to improve the processes used in servers by means of mirror disks to carry out high availability of data. In addition, a technical solution based on the waterfall methodology is used for the design of the cluster creation processes. Also, a description of the requirements of the desired system configurations to achieve a high availability cluster is detailed, then the design and hardware and software details for this possible implementation are defined, in the same way, the times and resources are established. to launch this technology. Therefore, this study is structured as follows: the introduction, related articles where the background of the research is detailed, then the state of the art is reflected, where the theoretical foundations related to the conceptual aspects required for this project are highlighted, therefore The methodology and tools used for the development of the study based on the design of a cluster architecture for the ICT department of PUCESE are indicated, following the results obtained after the design of the cluster, and finally the conclusions and recommendations of the study.

Keywords: Cluster, High Availability, Mission Critical, High Performance, Supercomputing.

RESUMO

O objetivo deste artigo é projetar uma arquitetura de cluster de alto desempenho para o Departamento de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) da Pontifícia Universidade Católica do Equador Sede Esmeraldas (PUCESE), que permitirá suporte de alto desempenho em aplicativos ou serviços que exigem isto. Com a tecnologia de cluster, o departamento de TIC da PUCESE poderia melhorar a redundância de dados nos serviços que são gerenciados, desta forma haveria continuidade do negócio em caso de erro nos sistemas atuais que são gerenciados para realizar o backup correto dos em formação. Esta pesquisa se concentra em apresentar um projeto de arquitetura de cluster para melhorar os processos utilizados em servidores por meio de discos espelho para realizar alta disponibilidade de dados. Além disso, uma solução técnica baseada na metodologia cascata é utilizada para o desenho dos processos de criação do cluster. Além disso, é detalhada uma descrição dos requisitos das configurações de sistema desejadas para alcançar um cluster de alta disponibilidade, em seguida, são definidos os detalhes de design e hardware e software para esta possível implementação, da mesma forma, os tempos e recursos são estabelecidos. esta tecnologia. Portanto, este estudo está estruturado da seguinte forma: a introdução, artigos relacionados onde é detalhado o contexto da pesquisa, em seguida é refletido o estado da arte, onde são destacados os fundamentos teóricos relacionados aos aspectos conceituais necessários para este projeto, portanto, o são indicadas a metodologia e as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do estudo baseado no desenho de uma arquitetura de cluster para o departamento de TIC da PUCESE, seguindo os resultados obtidos após o desenho do cluster e, por fim, as conclusões e recomendações do estudo.

Palavras-chave: Cluster, Alta Disponibilidade, Missão Crítica, Alto Desempenho, Supercomputação.

Introducción.

En el ámbito del tratamiento de la Información y la Comunicación según el estudio de Mireles y Maldonado (2014), afirman que mantener en funcionamiento los sistemas informáticos es una necesidad fundamental de las empresas del mundo moderno, por ello es necesario implementar procesos que permitan la tolerancia ante fallas y garantizar la continuidad del negocio (Balseca & Jaramillo, 2022); en otras palabras, implementar clúster de alta disponibilidad.

Actualmente, el sistema de redundancia en el departamento de TIC de la PUCESE es básico e incompleto, debido a que solo está configurada la redundancia de datos en dos de sus servidores, basada en un raid de discos espejos clonando los datos en tiempo real. Asimismo, está el inconveniente que cuando existen fallas de hardware o software, los servicios y aplicaciones dejen de funcionar por un lapso, paralizando las actividades y existiendo el riesgo de pérdida de datos, a esto se suma a la ausencia de una prueba de su funcionamiento de los backups para verificar la veracidad de los datos.

Además, no existe redundancia de servicios como el internet, hardware de redes y virtualización de servidores con fines de duplicar la disponibilidad de recursos tecnológicos.

Esta investigación tiene como objetivo el diseño de procesos para la creación de un clúster de altas prestaciones enfocándose en el departamento de TIC de la PUCESE, el mismo que permitirá dar alta disponibilidad a las aplicaciones y servicios que lo requieran. Por lo tanto, la importancia de este estudio radica en la necesidad de que la Universidad pueda mantener siempre disponible las aplicaciones y servicios necesarios para las actividades administrativas y académicas. En consecuencia, el personal de TIC podrá tener recursos que le permitan proceder con las mejores prácticas para obtener tolerancia ante fallos y alcanzar la continuidad del negocio.

Del mismo modo, la PUCESE debe innovar y mantener la aplicación de tecnologías de última generación para mejorar constantemente la calidad y disponibilidad de sus servicios y así cumplir con los estándares que requiere la acreditación institucional, pensando siempre en dotar el departamento de TIC de herramientas tecnológicas que permitan resaltar de otras instituciones educativas.

Artículos relacionados.

A continuación, se presentan varios antecedentes relacionados con el diseño de una arquitectura de clúster de altas prestaciones, para la indagación de estos estudios se utilizaron bases de datos científicas, repositorios de universidades y libros empleando en todos sus buscadores la siguiente cadena: (diseño OR design) OR (creación OR creation) AND (cluster*) AND (altas prestaciones OR high performance) del cual se eligieron los 4 más relevantes.

En el estudio realizado por Rocha et al. (2019) se presenta un diseño de un clúster de cómputo de alto rendimiento en el que se incluye la implementación y configuración el cual tiene un muy bajo costo y es comúnmente utilizado para resolver problemas que demandan gran cantidad de cómputo como memoria de procesamiento. Como resultados tras pruebas en aplicaciones numéricas se tiene una gran utilidad referente a: Mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, problemas térmicos, entre otros, en donde arrojan un excelente desempeño de uso de recursos computacionales, además, este clúster ofrece una gran capacidad de cómputo a un bajo costo generando una eficiencia probada que se encuentra alrededor de un 80% referente al tiempo teórico que tardaría en correr una máquina, dividido entre el número de máquinas. Es de vital importancia para nuestro estudio puesto que presenta un diseño estable empleando recursos económicos sabiendo que la implementación de un clúster es muy costosa.

En el mismo campo, Chuquiguanca et al. (2018) crea una arquitectura de clúster de alto rendimiento de tipo beowulf clase II con hardware convencional empleando software libre para su programación permitiendo transformar un laboratorio convencional de programación en una sala de altas prestaciones para el uso de: Mosix, Hadoop, Blender, MPICH y Ganblia Monitoring System. Además, esto se logró basándose en el método de resolución de problemas permitiendo la compresión y diseño de soluciones para así poder lograr la implementación de esta arquitectura con características similares a las de un supercomputador. Con las pruebas realizadas mediante millones de procesamientos de operaciones por segundo se alcanza una eficiencia de 85,2% de capacidad total del clúster. Por otra parte, es necesario mencionar que es de gran ayuda para este estudio puesto que utiliza software libre y equipos de bajo coste energético.

Del mismo modo, en Venezuela se diseñó un clúster de alta disponibilidad para entornos educativos, en el que también se utilizó el software de distribución gratuita Linux con CentOS 7 con el principal objetivo de prevenir pérdida de tiempo y recursos del aula virtual de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Carabobo el cual estaba careciendo de los mismos. Esto se logró agregando redundancia al servidor de aula virtual y creando espejos del servidor principal que administra la información y así tener constantemente actualizada la información, de manera que, si por alguna circunstancia el servidor dejara de funcionar el espejo toma el control de las solicitudes. Por último, como resultados se tiene que el proceso de migración de los recursos a un nodo una vez que Pacemaker detecta una falla en el nodo primario demora aproximadamente 1s y el dispositivo

de bloque de replicado distribuido (DRBD) se reconfigura en menos de 30 segundos, resultando en un tiempo total de failover medido durante las pruebas realizadas de entre 10 a 15 segundos (Perafan et al., 2018).

Por otra parte, el estudio de Jin et al. (2020) indica una Investigación Comparativa sobre Redes de Alta Velocidad de Clúster de Cómputo de Alto Rendimiento Basado en MPIGRAPH. En este artículo, se toman como objetos de prueba dos conjuntos de clústeres informáticos de alto rendimiento con el mismo procesador y memoria y una red interna de interconexión de alta velocidad, Infiniband e Intel Omni-Path, respectivamente. El software Benchmark mpigraph 1.4 está compilado con diferentes software MPI como Intel MPI 2019 actualización 5, mvapich2 2.3.4 y openmpi 3.1.6 para probar las diferencias entre las dos redes y las diferencias entre diferentes software MPI. Los resultados muestran que Infiniband tiene un mejor rendimiento en paralelo de pequeña escala, e Intel Omni-Path tiene un mejor rendimiento en paralelo a gran escala. El rendimiento de intelmpi es similar al de openmpi, que es mejor que mvapich2 en Intel Omni-Path y peor que mvapich2 en Infiniband. Esto es muy importante para el uso del clúster, la compilación y optimización del software de aplicación.

Asimismo, en Hernández (2017) se presenta la creación de un clúster de computación científica basado en FPGAs de bajo coste y consumo, el cual es capaz de ejecutar programas de alta complejidad en el mismo o menor tiempo que lo realiza una estación de trabajo de coste superior. Este clúster se empleó con la placa FPGAs de bajas prestaciones utilizando OpenCL como el lenguaje base de programación capaz de ejecutar sistema operativo con base UNIX/Linux en su hard-core con procesador ARM de dos núcleos. Además, las pruebas realizadas frente a una estación de trabajo Workstation de altas prestaciones arrojaron que este clúster a pesar de bajo coste y consumo energético trabajando un conjunto de 5 benchmarks, en ciertas ocasiones mostraron resultados en menos tiempo y en otras llegando casi a la par con la estación de alto coste. Por tanto, este estudio proporciona información de las metodologías empleadas para aplicar las placas basadas en FPGAs que son de muy bajo coste energético.

En referencia a los estudios antes mencionados, se tiene la certeza de que el proyecto tendrá gran acogida en el departamento de TI y servirá para próximos estudios, puesto que agilizará y mantendrán siempre la información cumpliendo con su disponibilidad, confidencialidad e integridad, agregando a esto la gran capacidad de cómputo que se tendrá y puede ser utilizado para investigaciones de gran impacto.

Estado del arte.

En esta sección se presenta un conjunto de conceptos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la presente investigación, en los cuales principalmente encontramos clúster de alta disponibilidad y recursos compartidos.

Con el agrupamiento de distintas bases de datos, cada servidor físico es un clúster y se denomina nodo. Todo el grupo de nodos trabajan en conjunto para formar un clúster.

Según Li et al. (2020) un clúster es un sistema informático que utiliza un conjunto de software o hardware de computadoras integrado para conectarse y trabajar en estrecha colaboración para completar el procesamiento de tareas.

Actualmente, los clústeres juegan un papel importante a nivel general, y específicamente en el de TI, ya que unos de los objetivos es dar solución a problemas de los centros de datos, aplicaciones de investigación en ciencias, ingenierías y del comercio moderno. Según las diferentes funciones, se puede dividir en tres categorías: clústeres de carga equilibrada, clústeres de alta disponibilidad y Clústeres de alto rendimiento,

El uso de balanceo de cargas se presta cuando existe un gran número de clientes, en el cual asegura que el tráfico de datos no se concentre en un solo servidor, para ello el balanceo de carga se compone de dos o más servidores que trabajan en conjunto para los diferentes requerimientos de usuario (Rocha et al., 2019).

Mientras los clústeres de alto rendimiento toman como recursos los componentes de hardware, donde su función principal es resolver procesos de alta complejidad (Lee & Uriarte, 2019). Este tipo de clústeres son muy populares, y utilizados frecuentemente en centros de cómputos enfocados en investigaciones científicas donde su principal característica es el gran poder de procesamiento.

Finalmente, los clústeres de alta disponibilidad o también conocidos como clúster HA por las palabras en inglés High Availability, en el encargado de mantener la disponibilidad de los servicios la mayor cantidad de tiempo posible, asegurando en caso de alguna falla de uno o más nodos del clúster, el sistema continúe funcionando normalmente (Ljubojevi & Baji, 2019). De igual forma debe mantener la integridad de los datos cuando un nodo recibe el control del servicio desde otro nodo (Perafan et al., 2018).

Un servidor clúster de alta disponibilidad existen tres características importantes que deben ser consideradas antes de su implementación; Categorización de interrupción: esta es la predicción que establece si se ha encontrado un problema y que solución se aplicará para mitigar el error, categorización del sistema: esta nos informa sobre los requisitos para el tiempo de apagado según el nivel de servicio y por último protección automática o recuperación: los enfoques de tecnologías y solución también tienen un efecto si necesitamos alta disponibilidad (Handoko & Isa, 2018).

Entre los paquetes de software frecuentemente utilizados para implementar un clúster de altas prestaciones se los detalla en la siguiente tabla comparativa:

Software	Concepto
Piranha	Se encuentra bajo la distribución del sistema operativo Linux compuesto por un servidor LVS (Linux Virtual Server) y un gestor de este, el cual permite administrar los servicios de la web con un navegador a través de una interfaz gráfica. Cabe recalcar que no es una herramienta singular, sino una colección de programas dispuesto para proporcionar un entorno más coherente para aquellos administradores que desean servicios de configuración de clúster.
Kimberlite	Se encuentra bajo licencia gratuita Linux, el cual dispone de una infraestructura completa dirigida mayormente a implementación comerciales debido a tipos de servicios, así como también compartir sus experiencias en una amplia gama de hardware y software de distribución.
IP Virtual Linux Server	Se encuentra bajo la distribución de Linux y brinda excelente escalabilidad, confiabilidad y robustez.
Heartbeat	Es una aplicación desarrollada por el equipo de Linux-HA, que permite implementar clúster de control dispersado, la misma ha demostrado ser muy seguro, flexible y eficiente, además que permite configurar clúster de dos o más nodos.

Metodología

Se pretende diseñar un modelo de administración de los servicios y aplicaciones de la PUCESE, determinando los recursos necesarios de hardware y software para mejorar la disponibilidad continua de la información. También, se organizarán las aplicaciones de tal manera que, debido a sus características y nivel de criticidad residan agrupadas en los servidores tratando siempre de mantener un equilibrio de rendimiento de los equipos para no saturar su funcionamiento.

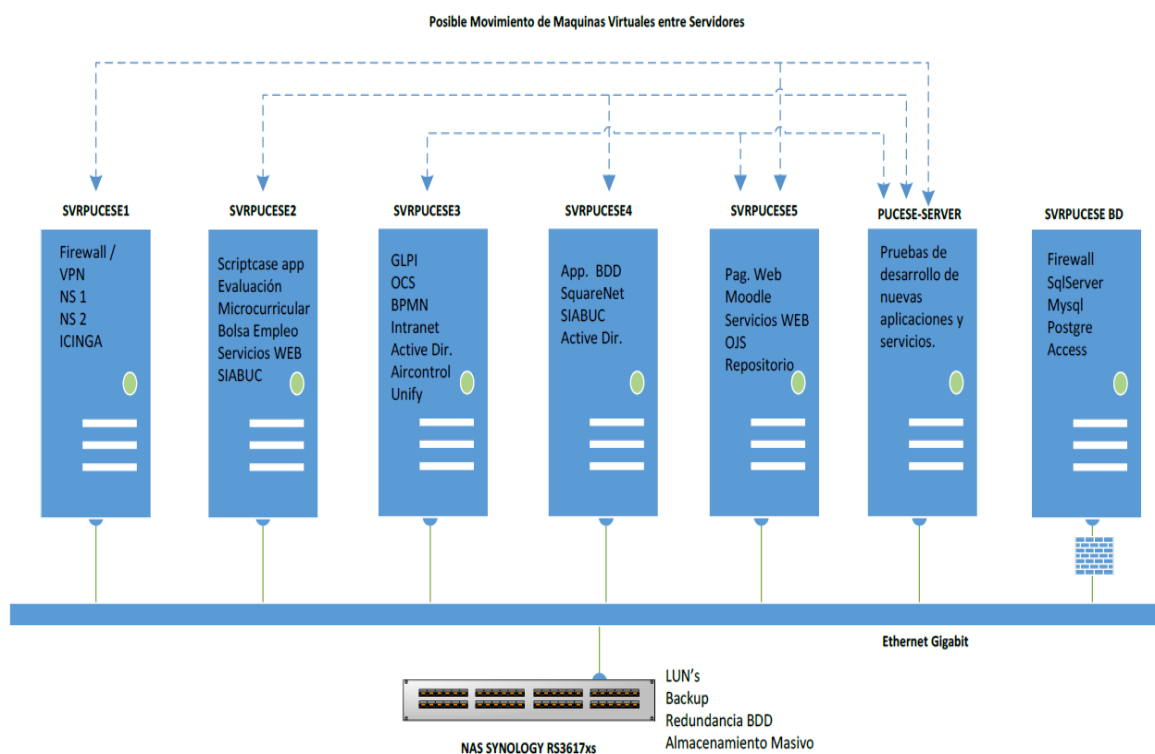
Del mismo modo, se define y se detalla el software base o sistema operativo y herramientas de software que administran los clústeres; buscando en lo posible minimizar los costos utilizando software libre que permitan realizar lo requerido y que facilite el trabajo del personal de TIC.

En el estudio se empleó la investigación inductivo-deductivo, teórica, descriptiva teniendo un enfoque mixto-experimental, para la recolección de información se utilizó la observación en los sistemas y servicios que son utilizados por los estudiantes, se aplicó una entrevista a los trabajadores del departamento de TI sobre los problemas que se tienen y para la captura de requisitos, además, se empleó la encuesta a los estudiantes con su instrumento cuestionario para poder saber la satisfacción que tienen con las aplicaciones y servicios que se ejecutan actualmente sin un sistema clúster.

A continuación, se detalla gráficamente la propuesta y se explica la configuración del sistema en conjunto para lograr la alta disponibilidad, figura 1.

Figura 1

Diseño de la arquitectura del clúster de altas prestaciones



Como se muestra en la figura 1, todos los servidores ejecutarán máquinas virtuales con diferentes aplicaciones o servicios, estas máquinas virtuales podrán migrarse entre los servidores en caso de fallas o mantenimiento planificado de los equipos. De manera que, la organización y distribución de aplicaciones y servicios busca mantener un equilibrio de carga de trabajo entre los servidores

tomando en cuenta las características requeridas para cada uno de ellos. De igual manera, todas las aplicaciones y las bases de datos estarán alojadas en servidores separados para garantizar la independencia de funcionamiento. Además, se configura un servidor dedicado a las bases de datos con la finalidad de hacerle frente a los niveles de tráficos altos, dar más recursos a las bases de datos y mejorar sustancialmente los procesos de gestión, evaluación y crecimiento de los servidores. También, las tareas como añadir más recursos de hardware, migrar su base de datos y configurar el servidor pueden realizarse por separado de los demás servicios y aplicaciones, y así simplificar y acelerar estos procesos. Este servidor será replicado en el NAS Synology RB3617xs.

Es necesario mencionar que, el servidor dedicado de base de datos se configura un firewall que implementa una red desmilitarizada (DMZ), donde se deniega todo tráfico hacia el servidor SVRPUCESE BD, y solo se permite acceso desde los servidores de aplicaciones a los puertos TCP y UDP de los Gestores de Bases de Datos (SGBD), como se detalla a continuación en la tabla 1:

Tabla 1

Puertos de SGBD

SGBD	Puerto para utilizar
Microsoft SQL Server	TCP 1433, 1434 UDP 1434
Mysql	TCP 3306 UDP 3306
Postgres	TCP 5432 UDP 5432

Fuente: Ramírez et al. (2020)

Cabe señalar que, los puertos detallados en la tabla 1 deben ser cambiados para aumentar la seguridad de conexión y acceso a las bases de datos.

Por otra parte, en cuanto a la redundancia de almacenamiento, cada uno de estos servidores utilizan discos SAS encargados de almacenar y leer grandes cantidades de datos en espejos o copias en línea disco a disco con la configuración RAID 1 (Redundant Array of Inexpensive Disks o más común hoy en día, Redundant Array of Independent Disks) traducido como conjunto redundante de discos Independientes. Además, en el Centro de Datos se tiene en producción un Network Data Storage (NAS) marca Synology modelo RS3617xs con capacidad de 12TB, que se debe configurar como respaldo y redundancia de los datos con las aplicaciones adjuntas que provee el fabricante junto al equipo sin costo adicional; asimismo, por medio de la configuración de almacenamiento LUN, se puede obtener un acceso rápido a particiones dedicadas por servidor. No obstante, este equipo NAS tiene por defecto configuración RAID 1+0, que ofrece mostrar el array de discos como una sola unidad de almacenamiento con copias espejo; esto le da una garantía de versionamiento, respaldos y mitigación de riesgo de pérdida de información a todo el sistema.

Cabe destacar, que es importante verificar y mantener un respaldo de estas máquinas virtuales mediante las aplicaciones de backup que posee el equipo NAS Synology. Esta configuración proveerá de alta disponibilidad a los sistemas del Centro de Datos de la PUCESE.

A continuación, en la tabla 2 se presentan los requisitos mínimos para la administración y control de los recursos de clúster, así como los sistemas operativos necesarios.

Tabla 2

Organización y requerimientos de las Aplicaciones y Servicios

Nombre	Tipo	Versión	Licencia	Procesamiento	Almacenamiento	Memoria	Conectividad	Precio
Linux	SO	Centos 7.0	GNU Libre	Procesador de 64bits.Mínimo a 1 GHz	2GB mínimo	1GB	Adaptador de Gigabit Ethernet (10/100/1000 baseT)	\$0,00
Windows	SO	Server2016	Propietario	Mínimo procesador de 64bits a 1,4 GHz	32GB	1GB	Adaptador de Gigabit Ethernet (10/100/1000 baseT)	\$1.500,00
XenServer	Base de Servidores Virtuales	7.0	Propietario, Libre	Uno o más procesadores 64-bit x86, mínimo de 1.5GHz, recomendados 2 GHz. Para poder ejecutar máquinas Windows, los procesadores físicos deben soportar Intel VT o AMD-V 64-bit.	16 GB mínimo, 60GB recomendados	Mínimo 2GB, recomendados 4GB.	2 Adaptador de Gigabit Ethernet (10/100/1000 baseT)	\$0,00
XenCenter	Administrador de Servidores Virtuales Xen Server	7.0	Propietario, Libre	Procesador a 1 GHZ mínimo.	20GB	2GB mínimo, 4GB recomendable	Adaptador de Gigabit Ethernet (10/100/1000 baseT)	\$0,00
Dockers	Administrador de Contenedores	1.12.3	GNU Libre	Procesador de 64bits.Mínimo a 1 GHz	2GB mínimo	1GB	Adaptador de Gigabit Ethernet (10/100/1000 baseT)	\$0,00

Requisitos de Hardware

Para la implementación de esta tecnología es necesario adquirir hardware que cumpla con los requerimientos del software y garantice el cumplimiento de exigencias de recursos para virtualización y contenedores distribuidas que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Requisitos de hardware

Nombre	Características	Precio
SVRPUCESE1	<p>HPE ProLiant DL120 Gen9 Intel Xeon E5-2603v4 Intel Xeon E5-2603v4 6-Core (1.70GHz 15MB L3 Cache) Kit / 8GB (1 x 8GB) DDR4 2400MHz RDIMM / Integrated Matrox G200eH2 / HP Embedded Dual Port 361i Adapter / Sin disco duro / Dynamic Smart Array B140i controller (RAID 0/1/1+0/5) SATA Only (No Cache) / (4) Hot Plug 3.5in Large Form Factor Smart Carrier Hard Disk / Sin unidad óptica / Modular Battery: 1 , Graphics: 1 / 1 x Non-Pluggable Non-Redundant 550W FIO Power Supply / Garantía 3 Year Parts / 1 Year Labour / 1 Year Onsite Warranty / HP 1U SFF Easy Install Rail Kit, HP DL120 Gen9 Thumbscrew Ear / Rack Mount (1U)</p> <p>HPE 8GB 1Rx8 PC4-2400T-R Kit para Servidores V4 2 discos HP 1TB 6G SATA 7.2k 3.5in SC MDL HDD HPE 3 year NBD FC DL120 Gen9</p>	\$3.699,00
SVRPUCESE2	<p>HPE ProLiant DL120 Gen9 Intel Xeon E5-2603v4</p> <p>Intel Xeon E5-2603v4 6-Core (1.70GHz 15MB L3 Cache) Kit / 8GB (1 x 8GB) DDR4 2400MHz RDIMM / Integrated Matrox G200eH2 / HP Embedded Dual Port 361i Adapter / Sin disco duro / Dynamic Smart Array B140i controller (RAID 0/1/1+0/5)SATA Only (No Cache) / (4) Hot Plug 3.5in Large Form Factor Smart Carrier Hard Disk / Sin unidad óptica / Modular Battery:1 , Graphics: 1 / 1 x Non-Pluggable Non-Redundant 550W FIO Power Supply / Garantía 3 Year Parts / 1 Year Labour / 1 Year Onsite Warranty / HP 1U SFF Easy Install Rail Kit, HP DL120 Gen9 Thumbscrew Ear / Rack Mount (1U)</p> <p>HPE 8GB 1Rx8 PC4-2400T-R Kit para Servidores V4 2 discos HP 1TB 6G SATA 7.2k 3.5in SC MDL HDD HPE 3 year NBD FC DL120 Gen9</p>	\$3.699,00
SVRPUCESE3	<p>HPE ProLiant DL120 Gen9 Intel Xeon E5-2603v4</p> <p>Intel Xeon E5-2603v4 6-Core (1.70GHz 15MB L3 Cache) Kit / 8GB (1 x 8GB) DDR4 2400MHz RDIMM / Integrated Matrox G200eH2 / HP Embedded Dual Port 361i Adapter / Sin disco duro / Dynamic Smart Array B140i controller (RAID 0/1/1+0/5)SATA Only (No Cache) / (4) Hot Plug 3.5in Large Form Factor Smart Carrier Hard Disk / Sin unidad óptica / Modular Battery:1 , Graphics: 1 / 1 x Non-Pluggable Non-Redundant 550W FIO Power Supply / Garantía 3 Year Parts / 1 Year Labour / 1 Year Onsite Warranty / HP 1U SFF Easy Install Rail Kit, HP DL120 Gen9 Thumbscrew Ear / Rack Mount (1U)</p> <p>HPE 8GB 1Rx8 PC4-2400T-R Kit para Servidores V4 2 discos HP 1TB 6G SATA 7.2k 3.5in SC MDL HDDHPE 3 year NBD FC DL120 Gen9</p>	3.699,00
SVRPUCESE4	<p>HPE ProLiant DL180 Gen9 E5-2620v4 LFF Base Server Intel® Xeon® Eight-Core E5-2620v4 - 2.1GHz, 20MB L3 Cache /16GB (1 x 16GB) RDIMM / HP Ethernet 1Gb 2-port i361i Adapter /Smart HBA SAS H240/Zero Caché, soporta RAID 0/1/1+0/5./ (8) LFF Hot Plug SATA HDD bahias / (3) slot PCIe 3.0 / (1) HP 550W Fuente de poder / (2) Ventiladores Hot Plug, No redundantes / HP iLO Management Engine / Rack (2U) / 3 años en piezas, 1 año en mano de obra y 1 año de atención en sitio con tiempo de respuesta al siguiente día hábil. Este equipo no soporta unidad de dvd interna</p> <p>HPE 16GB 1Rx4 PC4-2400T-R Kit para Servidores V4 2 discos HP 1TB 6G SATA 7.2k 3.5in SC MDL HDD HPE 3 year NBD FC DL180 Gen9</p>	\$4.377,00

SVRPUCESE5	HPE ProLiant DL180 Gen9 E5-2620v4 LFF Base Server Intel® Xeon® Eight-Core E5-2620v4 - 2.1GHz, 20MB L3 Cache /16GB (1 x 16GB) RDIMM / HP Ethernet 1Gb 2-port i361i Adapter /Smart HBA SAS H240/Zero Caché, soporta RAID 0/1/1+0/5./ (8) LFF Hot Plug SATA HDD bahias / (3) slot PCIe 3.0 / (1) HP 550W Fuente de poder / (2) Ventiladores Hot Plug, No redundantes / HP iLO Management Engine / Rack(2U) / 3 años en piezas, 1 año en mano de obra y 1 año de atención en sitio con tiempo de respuesta al siguiente día hábil. Este equipo no soporta unidad de dvd interna HPE 16GB 1Rx4 PC4-2400T-R Kit para Servidores V42 discos HP 1TB 6G SATA 7.2k 3.5in SC MDL HDD HPE 3 year NBD FC DL180 Gen9	\$4.377,00
SVRPUCESE DB	HPE ProLiant DL180 Gen9 E5-2620v4 LFF Base Server Intel® Xeon® Eight-Core E5-2620v4 - 2.1GHz, 20MB L3 Cache /16GB (1 x 16GB) RDIMM / HP Ethernet 1Gb 2-port i361i Adapter /Smart HBA SAS H240/Zero Caché, soporta RAID 0/1/1+0/5./ (8) LFF Hot Plug SATA HDD bahias / (3) slot PCIe 3.0 / (1) HP 550W Fuente de poder / (2) Ventiladores Hot Plug, No redundantes / HP iLO Management Engine / Rack(2U) / 3 años en piezas, 1 año en mano de obra y 1 año de atención en sitio con tiempo de respuesta al siguiente día hábil. Este equipo no soporta unidad de dvd interna HPE 16GB 1Rx4 PC4-2400T-R Kit para Servidores V42 discos HP 1TB 6G SATA 7.2k 3.5in SC MDL HDDHPE 3 year NBD FC DL180 Gen9	\$4.377,00

Como se observa en la tabla 3, se necesario emplear equipos con estas características de hardware para que pueda funcionar de manera óptima la implementación de este diseño de clúster propuesto de alta rentabilidad.

Resultados.

Luego del diseño del esquema para la implementación del clúster de altas prestaciones para el departamento de TI de la PUCESE, es necesario recalcar que no se llegó a la implementación debido a los costos elevados y queda como propuesta para una futura inversión por parte de esta prestigiosa institución educativa nivel superior.

De todas maneras, los resultados que se pueden mostrar son los impactos que generaría al momento de su implementación, en el caso económico dio como resultado bajo positivo, puesto que surge como un mínimo en gastos de herramientas informáticas, los gastos serían bajos porque la institución cuenta con equipos informáticos que pueden ser utilizados, y las aplicaciones utilizadas serían con licencia gratuita. Por otra parte, generaría un impacto a nivel tecnológico alto positivo mismo que favorece a la institución de educación superior al contar con un sistema de este tipo, permitiendo obtener alta disponibilidad y capacidad de procesamiento en las aplicaciones que requieran de la computación en paralelo sacando el máximo provecho por el gran volumen de capacidad que comparten los equipos. Asimismo, en su implementación generaría un impacto ambiental bajo negativo, puesto que los equipos informáticos generan mucho consumo de energía y esto afecta al medio ambiente, por tal motivo este nivel de impacto. Por último, a nivel general el estudio tiene un impacto medio positivo, debido a que ayudará a mejorar varios aspectos en el departamento de TIC de la PUCESE, además, el proyecto se realizó con la intención de utilizar equipos que estén disponibles en el laboratorio de redes utilizando software de licencias gratuitas, permitiendo el ahorro de costos que es uno de los factores primordiales en las organizaciones.

Conclusiones.

La aplicación de un sistema clúster de alta disponibilidad en el Centro de Datos de la PUCESE, mejorará las prestaciones de requerimientos de tareas computacionales, la tolerancia ante

fallos y logrará un decrecimiento del tiempo de respuestas ante eventos fortuitos de caída de equipos o servicios.

La organización de servidores para formar un sistema de alta disponibilidad permitirá contar con una configuración más robusta y fiable, donde además se organizan los procesos de backup y movimiento de servicios y aplicaciones, mejorando así la administración de los recursos de hardware, software y conectividad disponibles.

El impacto general del proyecto es positivo, da a conocer su rentabilidad desde lo financiero, tecnológico y ambiental; por lo cual esta tecnología es utilizada en organizaciones dedicadas a diferentes actividades (empresas e instituciones educativas con grandes prestigios).

Recomendaciones.

En el Departamento de TIC de la PUCESE se debe implementar un plan de capacitación permanente en temáticas relacionadas a Virtualización, Contenedores, manejo de servidores a gran escala y administración de Centros de Datos, para mantener actualizada la aplicación, mantenimiento y crecimiento de nuevas tecnologías que mejoren, aumenten los servicios y satisfagan la demanda de la comunidad universitaria.

Generar procesos y utilizar herramientas o programas que ayuden a gestionar o monitorear el performance de los servidores y aplicaciones que se utilizan para llevar a cabo las diferentes funciones de la institución.

Planificar de manera adecuada los mantenimientos de los servidores y aplicaciones residentes en ellos para garantizar la continuidad de las actividades basadas en la infraestructura tecnológica de la PUCESE.

Bibliografía.

- Balseca, J., & Jaramillo, J. (2022). Diseño de un plan de continuidad de servicios del departamento de tecnologías de la información en casos excepcionales para la EP-EMAPA de la ciudad de Ambato. *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/3565>
- Chuquiguanca, L., Malla, E., Ajila, F., & Guaman, R. (2018). Arquitectura Clúster de Alto Rendimiento Utilizando Herramientas de Software Libre High Performance Cluster Architecture Using Free Software Tools. *LATIN AMERICAN JOURNAL OF COMPUTING*, 3(1), 8.
- Handoko, H., & Isa, S. (2018). *High Availability Analysis With Database Cluster , Load Balancer And Virtual Router Redudancy Protocol*. 482–486.
- Hernández García, M. (2017). *Creación de un clúster de computación científica basado en FPGAs de bajo coste y consumo*.
- Jin, N., Yulin, Z. J., Xiao, H., Wang, X., & Shen, Y. (2020). Investigación Comparativa sobre Redes de Alta Velocidad de Clúster de Cómputo de Alto Rendimiento Basado en MPIGRAPH. *IEEE Access*.
- Lee, E., & Uriarte, H. (2019). *Implementación de un clúster de alto rendimiento para resolver problemas de alta complejidad en el centro de tecnologías de información y comunicación de la Universidad Nacional de Ingeniería*.
- Li, B., Shang, J., Dong, M., & He, Y. (2020). *Research and Application of Server Cluster Load Balancing Technology*. *Itmec*, 2622–2625.
- Ljubojevi, M., & Baji, A. (2019). *Implementation of High-Availability Server Cluster by Using Fencing Concept*. *March*, 20–22.
- Mireles, J., & Maldonado, J. (2014). DISEÑO DE UN CLÚSTER ORIENTADO A SERVICIOS PARA APLICACIONES WEB EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 14, 79–96.
- Perafan, H., Guia, N., Rey, D., & Duarte, D. (2018). Diseño de un cluster de alta disponibilidad para un entorno educativo virtual universitario. *Ingeniería UC*, 25(1).

- Ramírez, C., Zapata, K., España, E., Hernández, J., & Fuentes, E. (2020). Instalación y configuración del Servidor Zentyal en zona DMZ del cortafuegos Endian. *UNAD*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38552>
- Rocha, J., Cotello, S., Vargas, J., & Munguía, I. (2019). Diseño e implementación de un clúster de cómputo de alto rendimiento. *Acta Universitaria*, 26(4), 10.
- Balseca, J., & Jaramillo, J. (2022). Diseño de un plan de continuidad de servicios del departamento de tecnologías de la información en casos excepcionales para la EP-EMAPA de la ciudad de Ambato. *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/3565>
- Chuquiguanca, L., Malla, E., Ajila, F., & Guaman, R. (2018). Arquitectura Clúster de Alto Rendimiento Utilizando Herramientas de Software Libre High Performance Cluster Architecture Using Free Software Tools. *LATIN AMERICAN JOURNAL OF COMPUTING*, 3(1), 8.
- Handoko, H., & Isa, S. (2018). *High Availability Analysis With Database Cluster , Load Balancer And Virtual Router Redudancy Protocol*. 482–486.
- Hernández García, M. (2017). *Creación de un clúster de computación científica basado en FPGAs de bajo coste y consumo*.
- Jin, N., Yulin, Z. J., Xiao, H., Wang, X., & Shen, Y. (2020). Investigación Comparativa sobre Redes de Alta Velocidad de Clúster de Cómputo de Alto Rendimiento Basado en MPIGRAPH. *IEEE Access*.
- Lee, E., & Uriarte, H. (2019). *Implementación de un clúster de alto rendimiento para resolver problemas de alta complejidad en el centro de tecnologías de información y comunicación de la Universidad Nacional de Ingeniería*.
- Li, B., Shang, J., Dong, M., & He, Y. (2020). *Research and Application of Server Cluster Load Balancing Technology*. *Itmec*, 2622–2625.
- Ljubojevi, M., & Baji, A. (2019). *Implementation of High-Availability Server Cluster by Using Fencing Concept*. *March*, 20–22.
- Mireles, J., & Maldonado, J. (2014). DISEÑO DE UN CLÚSTER ORIENTADO A SERVICIOS PARA APLICACIONES WEB EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 14, 79–96.
- Perafan, H., Guía, N., Rey, D., & Duarte, D. (2018). Diseño de un cluster de alta disponibilidad para un entorno educativo virtual universitario. *Ingenieria UC*, 25(1).
- Ramírez, C., Zapata, K., España, E., Hernández, J., & Fuentes, E. (2020). Instalación y configuración del Servidor Zentyal en zona DMZ del cortafuegos Endian. *UNAD*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38552>
- Rocha, J., Cotello, S., Vargas, J., & Munguía, I. (2019). Diseño e implementación de un clúster de cómputo de alto rendimiento. *Acta Universitaria*, 26(4), 10.