

Capítulo 2 Implantando una Tecnología de Alta Disponibilidad en SQL Server 2016

Chapter 2 Implementing High Availability Technology in SQL Server 2016

HERNÁNDEZ CRUZ, Luz María†*, MEX-ALVAREZ, Diana Concepción, CAB-CHAN, José Ramón y CHAN-CAUICH Victor Manuel

Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Ingeniería

ID 1^{er} Autor: *Luz María, Hernández-Cruz* / **ORC ID:** 0000-0002-0469-5298, **Researcher ID Thomson:** H-3153-2018, **arXiv Author ID:** 2234586, **CVU CONACYT-ID:** 662220

ID 1^{er} Coautor: *Diana Concepción, Mex-Álvarez* / **ORC ID:** 0000-0001-9419-7868, **Researcher ID Thomson:** I-4164-2018, **CVU CONACYT-ID:** 842039

ID 2^{do} Coautor: *José Ramón, Cab-Chan* / **ORC ID:** 0000-0003-1043-629X, **Researcher ID Thomson:** I-5425-2018, **CVU CONACYT-ID:** 204250

ID 3^{er} Coautor: *Victor Manuel, Chan-Cauich* / **ORC ID:** 0000-0002- 3432-4877, **Researcher ID Thomson:** I-5555- 2018, **Arxiv ID:** 904854, **CVU CONACYT-ID:** 904854

L. Hernández, D. Mex, J. Cab y V. Chan

lmhernan@uacam.mx

A. Marroquín, H. Corres y L. Carpio. (Dir.) Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Queretaro, 2018.

Abstract

Currently, all organizations, institutions and companies use Information Systems for automating their processes. The main objective of this article is to demonstrate the use of a technology capable of providing high availability despite failures in the system. The International Standards Organization and the Electronic Commission publish ISO 27002 as a standard of best practices in Information Security, defining as "preserving the confidentiality, integrity and availability of Information". In this sense, this research contributes to the study, analysis and implementation of the use of a high availability technology offered by Microsoft in the database management system SQL Server 2016 called "Mirror", defining a Descriptive methodology for its implementation, having as a case study the Web application "BITA" implemented for the management of digital dental records considering the abundance, relevance and criticality of the information. Finally, it is relevant to mention as added value the management of virtual environments for the implementation of technology.

Microsoft SQL Server 2016, Mirroring, High availability

1. Introducción

La mayor preocupación de los Administradores de Bases de Datos (DBA's) para mantener la disponibilidad de una Base de Datos es implementar una Tecnología fácil de configurar y mantener, eficiente y económicamente sustentable. La Tecnología Espejo (Mirroring) proporciona una solución de alta disponibilidad en las bases de datos, aumentando la seguridad y la disponibilidad, mediante la duplicación de la base de datos. Microsoft SQL Server dispone de esta herramienta a partir de su versión 2005, surgiendo de la evolución del Log Shipping presente en versiones anteriores.

La hipótesis central de la presente investigación es "La Tecnología Espejo es una tecnología viable para aprovisionar alta disponibilidad utilizando el sistema gestor de base de datos Microsoft SQL Server 2016". Las dos secciones principales del presente son:

1. Antecedentes. Describe el marco teórico de la Tecnología Espejo, características principales, implementación y configuración dentro del sistema gestor de bases de datos Microsoft SQL Server 2016.
2. Metodología. Detalla el análisis del caso práctico del sistema web BITA ante la necesidad de una estrategia de alta disponibilidad y la implementación de la Tecnología Espejo o Espejeo (Mirroring) empleando el sistema gestor de base de datos Microsoft SQL Server 2016.

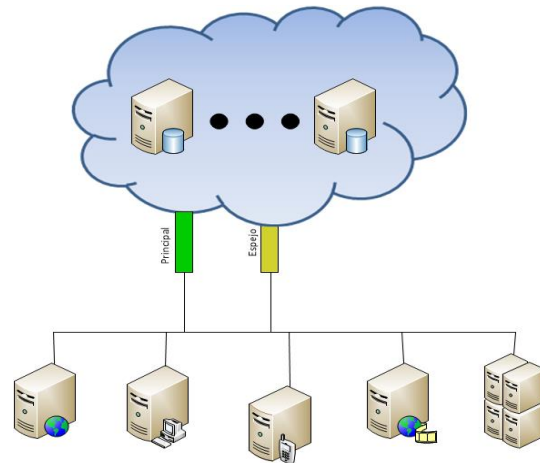
2. Antecedentes

La Disponibilidad es una propiedad que se refiere a la capacidad que los usuarios tienen para acceder a un sistema, si un usuario no puede acceder a un sistema, se dice que no está disponible. Un sistema en productivo invariablemente tiene el riesgo de una falla. A partir de ella, se considera el tiempo de inactividad (downtime *-offline-*) como pérdida del servicio, y el impacto para los usuarios podrá ser bajo, medio o alto.

La Tecnología Espejeo o Espejo, mejor conocida como Mirroring, busca que, cuando un servidor en productivo falle, algún otro servidor, sea capaz de tomar la carga de operatividad que están generando los consumidores de la base de datos sin pérdidas ni de datos, ni de tiempo, manteniendo la consistencia y la disponibilidad de datos en todo momento.

La configuración básica de una Base de Datos Espejo necesita dos servidores de bases de datos que estén comunicados entre sí. Normalmente, estas instancias de servidor residen en computadoras en diferentes ubicaciones. La Figura 2.1 muestra la idea esencial de la tecnología, cuenta con dos bases de datos una primaria o principal y un espejo, copia de la primaria o reflejo. La principal es la base de datos activa u operativa (sobre la que se ejecutan todas las transacciones) y la base de datos espejo será la copia idéntica de la base de datos principal incluyendo el registro de transacciones (log). De tal forma que, al ocurrir un fallo, se pueda habilitar la base de datos espejo.

Figura 2.1 Tecnología Espejo o Espejeo (Mirroring). Configuración con dos servidores

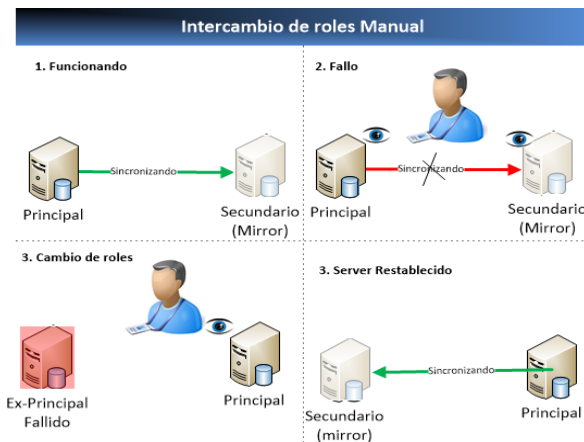


Fuente: Microsoft Corporation

En este tipo de configuración el intercambio de servidores se realiza de forma manual y es responsabilidad del administrador de la base de datos (DBA). La Figura 2.2 muestra la secuencia de eventos cuando ocurre un fallo dentro de este tipo de configuración:

1. Sincronización de la base de datos *principal* con la base de datos *espejo*. La configuración básica de Espejo está activa.
2. Ocurre un Fallo en la base de datos principal.
3. El DBA deshabilita la base de datos *principal*, para recuperarla. Inmediatamente configura la base de datos *espejo* como principal. Entonces, la base de datos espejo ahora es la base de datos activa.
4. Después de recuperar la base de datos dañada o deshabilitada al momento del fallo, se configura como base de datos espejo.

Figura 2.2 Secuencia de eventos en una configuración básica de la Tecnología Espejo



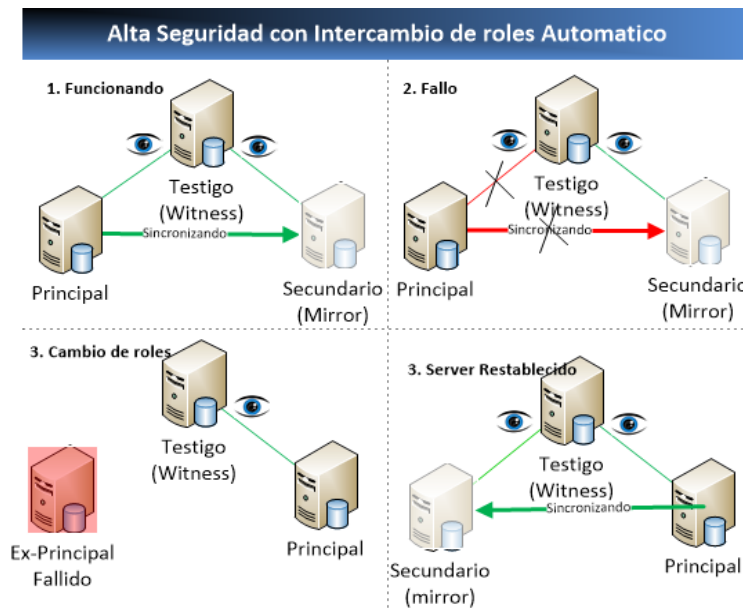
Fuente: Microsoft Corporation

Sin embargo, para ofrecer Alta Disponibilidad en una base de datos empleando la Tecnología Espejo, es necesario que exista un tercer servidor llamado servidor *testigo* o *árbitro*. El Testigo (Witness) no mantiene una copia de la base de datos, únicamente es necesario para detectar el fallo y determinar cuál de los otros dos servidores toma el rol de la base de datos *principal* en caso de una caída de servicio. Cuando existen el servidor *testigo* en la configuración, el intercambio de servidores se realiza de forma automática y transparente a los usuarios. La Figura 2.3 muestra la secuencia de eventos cuando ocurre un fallo dentro de este tipo de configuración:

1. Sincronización de la base de datos *principal* con la base de datos *espejo*. La Configuración con Testigo de la Tecnología Espejo está activa.
2. Ocurre un Fallo en la base de datos principal.
3. El servidor Testigo detecta el fallo de la base de datos *principal* e inmediatamente configura la base de datos *espejo* como principal. La base de datos espejo ahora es la base de datos activa.

4. Después de recuperar la base de datos dañada al momento del fallo, se configura como base de datos espejo.

Figura 2.3 Secuencia de eventos en una Configuración con Testigo en la Tecnología Espejo



Fuente: Microsoft Corporation

Por lo anterior, se identifican tres roles de la configuración de la Tecnología Espejo:

- Servidor *Principal*. Mantiene la copia activa de la base de datos (*base de datos principal*), a través de la cual se ofrece el servicio a los usuarios.
- Servidor *Espejo (Mirror)*. Mantiene una copia de la base de datos principal (*base de datos espejo*) y aplica todas las transacciones enviadas por el Servidor Principal, manteniendo *sincronizada* la base de datos espejo.
- Servidor *Testigo (Witness)*. No es necesario implementar un Servidor Testigo. No obstante, si deseamos que nuestra solución ofrezca recuperación automática ante fallos (automatic failover), entonces sí se debe configurar.

Dentro del sistema gestor de base de datos Microsoft SQL Server 2016, éstos tres roles de la Tecnología Espejo deben residir en diferentes instancias. Particularmente, en el sistema gestor de base de datos Microsoft SQL Server 2016 la configuración de la Tecnología Espejo funciona con una relación, conocida como sesión de creación de espejo o reflejo de la base de datos, entre estas instancias del servidor. Una de las instancias sirve como base de datos *principal* (en producción) a los clientes o usuarios. Otra instancia actúa como base de datos *espejo* (en espera o cálido). El servidor principal y el servidor espejo cooperan como socios en una sesión de creación de espejo o reflejo de la base de datos. Los dos socios realizan funciones complementarias en la sesión: el rol principal y el rol espejo o reflejo.

La creación de reflejo de la base de datos implica rehacer cada operación de inserción, actualización y eliminación que se produce en la base de datos principal en la base de datos espejo o reflejada. La reedición se lleva a cabo enviando una secuencia de registros de transacciones activos al servidor reflejado, que aplica los registros a la base de datos reflejada, en secuencia, lo más rápido posible. A diferencia de la tecnología Replicación, que funciona en el nivel lógico, el Espejo de la base de datos funciona en el nivel de registro físico. Microsoft SQL Server 2016 permite configurar tres tipos de Espejo:

- Alta disponibilidad: Garantiza la consistencia transaccional entre el servidor principal y el servidor de espejo y ofrece recuperación automática ante fallos mediante un servidor testigo.
- Alta Protección: Garantiza la consistencia transaccional entre el servidor principal y el servidor espejo.

- Alto Rendimiento: Aplica las transacciones en el Servidor Espejo de manera asíncrona ocasionando mejoras significativas en el rendimiento del servidor principal pero no garantiza que dichas transacciones se hallan realizado de manera exitosa en el espejo.

La Tabla 2.1 muestra los diferentes modos de configuración y sus características principales.

Tabla 2.1 Tipos de Espejo en Microsoft SQL Server

Modo	Recuperación automática ante fallos	Posible pérdida de datos	Servidor Testigo
Alta disponibilidad	✓	✗	✓
Alta protección	✗	✗	✗
Alto rendimiento	✗	✓	✗

Fuente: Microsoft Corporation

El modo de configuración a implementar en este estudio es el de Alta disponibilidad, el cual requiere una tercera instancia cuyo rol actúa como árbitro o testigo que permite la automatización del cambio de roles dentro del mecanismo y permitiendo la recuperación automática de la base de datos principal ante un fallo.

3. Metodología

La Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Campeche ofrece servicios dentales para contribuir a la salud bucal de la comunidad. El proceso administrativo se mantiene en una aplicación web denominada BITA. Entre la información crítica manipulada por la aplicación se encuentra el expediente clínico odontológico de cada paciente, su tratamiento, y el seguimiento y control.

La universidad cuenta con cinco clínicas donde se brindan los servicios odontológicos por los estudiantes, éstos cumplen metas de servicio en correspondencia al semestre en el cual se encuentren cursando con carácter de obligatorio. Lo anterior, hace que la información almacenada por la aplicación sea significativa en cada semestre, y al mismo tiempo, que se demande una alta disponibilidad o tiempo de acceso continuo a la aplicación para poder ofrecer el servicio.

Atendiendo a la aplicación web BITA como un proveedor de servicio, se debe determinar un el nivel de servicio requerido, para conocer si se requiere o no de una estrategia de alta disponibilidad. El Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA)/ Service Level Agreement es el contrato entre un proveedor de servicios (ya sea interno o externo) y el usuario final que define el nivel de servicio esperando de parte del proveedor de servicios. (Guide PMBOK v6.0, 2017). “EL SLA es lo que se acuerda con el cliente para garantizar la calidad del servicio” (Calvo, 2014). Según Calvo, la disponibilidad puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{HR}{HT} \times 100 \quad (1)$$

Donde,

D: Porcentaje de Disponibilidad

HR: Horas de actividad reales

HT: Horas totales disponibles

Ahora hay que responder la pregunta *¿Cuánto tiempo se requiere disponible la aplicación?* El horario de atención en las clínicas es de 8 horas diarias de lunes a viernes, los sábados y domingos no se brinda atención en las clínicas. Las clínicas se ajustan al calendario del ciclo escolar activo con una duración de cinco meses. Los periodos vacacionales son destinados para el mantenimiento de los servicios, incluyendo la aplicación. Con la información recolectada se aplica la fórmula (1), obteniendo:

- HT: Horas totales disponibles (horas comprometidas de disponibilidad en el SLA) = 8hrs x 5días = 40 horas/semanas.
- Lo que significa que, la aplicación deberá estar disponible 40 horas a la semana, incluyendo cinco días a la semana.

- HR: Horas de actividad reales = HT - (número de horas de “caída del sistema - offline”) = 40 – 8 = 32 horas/semanas.
- Lo que significa que, la aplicación estaría disponible sólo 32horas a la semana si ocurre una falla que produzca una caída del sistema de un día, o cualquier caso equivalente con un tiempo de inoperatividad de 8horas.
- $D = 100 \times 32/40 = 80\%$
- El porcentaje de Disponibilidad es del 80%.

Enseguida, se realiza una proyección con diferentes tiempos de inoperatividad (offline) para visualizar el comportamiento del porcentaje de disponibilidad resultante. La Tabla 2.2 muestra la proyección estimada del porcentaje de disponibilidad ante diferentes tiempos de caída del sistema (offline) en un periodo semanal.

Tabla 2.2 Proyección de tiempos de inoperatividad (offline)

Disponibilidad (%)	Tiempo (offline/año)	Tiempo (offline/mes)	Tiempo (offline/sem)
95%	96hrs	8hrs	2hrs
90%	192hrs	16hrs	4hrs (1/2día)
80%	384hrs	32hrs	8hrs (1 día)
60%	768hrs	64hrs	16hrs (2días)
40%	1,152hrs	96hrs	24hrs (3días)

Fuente: Elaboración Propia

Así, observamos claramente la relación directa del porcentaje de disponibilidad con el tiempo de inoperatividad del sistema. Por consiguiente, se alude la necesidad de una estrategia de alta disponibilidad. Llevando a la pregunta *¿Qué Tecnología implantar?* La Facultad de Odontología no tiene un área de tecnologías de la información, y no existe un presupuesto económico asignado para la implantación o mantenimiento de soluciones tecnológicas. Sin embargo, la Dirección General de Tecnologías de la Información (DGTI) aporta soporte a la infraestructura y el servicio de soporte y mantenimiento para escenarios de críticos de fallas. Además, se cuenta con un convenio con la empresa Microsoft y se utilizan las soluciones tecnológicas de dicho proveedor.

Microsoft SQL Server ofrece entre sus diferentes estrategias de disponibilidad: Replication, Database Mirroring (Espejeo) y Failover Clustering.

Para el análisis y evaluación de las estrategias mencionadas se atienden cuatro factores críticos principales:

- Recurso humano especialista
- Recuperación automática
- Posible pérdida de datos
- Costo

La Tabla 2.3 muestra el resumen del análisis realizado de las estrategias de disponibilidad con respecto a estos factores críticos.

Tabla 2.3 Análisis de Estrategias de Disponibilidad en Microsoft SQL

	A	B	C	D
Replication	No se requiere RH especialista	No dispone de Failover automático	Con posible pérdida de datos	Su costo es bajo
Database Mirroring	No se requiere RH especialista	Puede disponer de Failover automático	Sin posible pérdida de datos	Su costo es accesible
Failover Clustering	Se requiere RH especialista	Dispone de Failover automático	Sin posible pérdida de datos	Es muy caro

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se asigna un peso de prioridad a cada factor crítico de análisis con una escala de 1 a 4 siendo 4 el factor más prioritario y 1 el menos prioritario. La Tabla 2.4 muestra las prioridades establecidas para los factores críticos de interés.

Tabla 2.4 Prioridad para los Factores de críticos de interés

Factor	Prioridad
A Recurso humano especialista	1
B Recuperación automática	2
C Posible pérdida de datos	4
D Costo	3

Fuente: Elaboración Propia

Inmediatamente se asigna un valor de impacto asociado como Alto=3, Medio=2 y Bajo=1 por cada Factor crítico de análisis. La Tabla 2.5 muestra el valor del impacto asociado a los Factores críticos de análisis.

Tabla 2.5 Valor de Impacto de los Factores críticos de análisis

Factor	Impacto
Sin Recurso humano especialista	Bajo (1)
Sin Recuperación automática	Alto (3)
Con Posible pérdida de datos	Alto (3)
Costo elevado	Medio (3)

Fuente: Elaboración Propia

Para cuantificar el impacto de los Factores críticos de interés se calcula una ponderación recogida del producto de la prioridad y el valor del impacto. La Tabla 2.6 muestra las Ponderaciones de los Factores críticos de análisis.

Tabla 2.6 Ponderación de los Factores críticos de análisis

Factor	Prioridad	Impacto	Ponderación
A Sin Recurso humano especialista	1	Bajo (1)	1
B Sin Recuperación automática	2	Alto (3)	6
C Con Posible pérdida de datos	4	Alto (3)	12
D Costo elevado	3	Medio (2)	6

Fuente: Elaboración Propia

Se evalúa cada estrategia de disponibilidad por Factor crítico de análisis para determinar cuál de ellas es apropiada implantar en este caso de estudio. Advierta que se evalúan las deficiencias de cada una de las estrategias de disponibilidad, es decir, a mayor valor alcanzado, la estrategia es menos apta para su implantación en el escenario analizado. La Tabla 2.7 muestra el resultado final del análisis de las estrategias de disponibilidad en Microsoft SQL.

Tabla 2.7 Evaluación cuantitativa de las Estrategias de Disponibilidad en Microsoft SQL

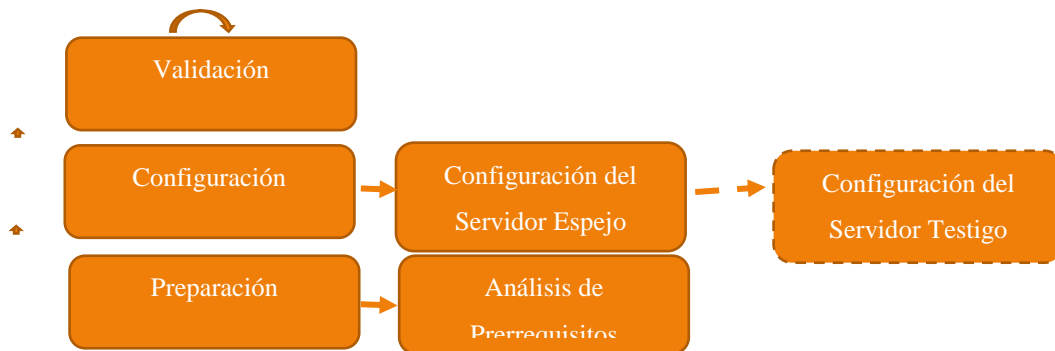
	A	B	C	D	Total cuantificado
Replication	1	6	12	0	19
Database Mirroring	1	0	0	0	1
Failover Clustering	0	0	0	6	6

Fuente: Elaboración Propia

Con el resultado de nuestra metodología, se ha determinado que la estrategia que se alinea con el escenario del caso de estudio usando el sistema gestor de base de datos Microsoft SQL es el Espejo (Database Mirroring). En este punto del estudio, se pone en práctica la implantación de la Tecnología Espejo, optando por el modo de “Alta disponibilidad” con la presencia de tres instancias, incluyendo el árbitro o testigo (Witness). Se realiza la instalación y configuración de la tecnología en dos entornos diferentes.

El primero usando equipos físicos diferentes y el segundo con el uso de máquinas virtuales. En cada una se emplea el ciclo de vida propuesto que consta de tres fases: Preparación, Configuración y Validación. La Figura 2.4 muestra las fases significativas del ciclo de vida propuesto para la instalación y configuración de la tecnología espejo en Microsoft SQL Server 2016.

Figura 2.4 Fases de Configuración de la Tecnología



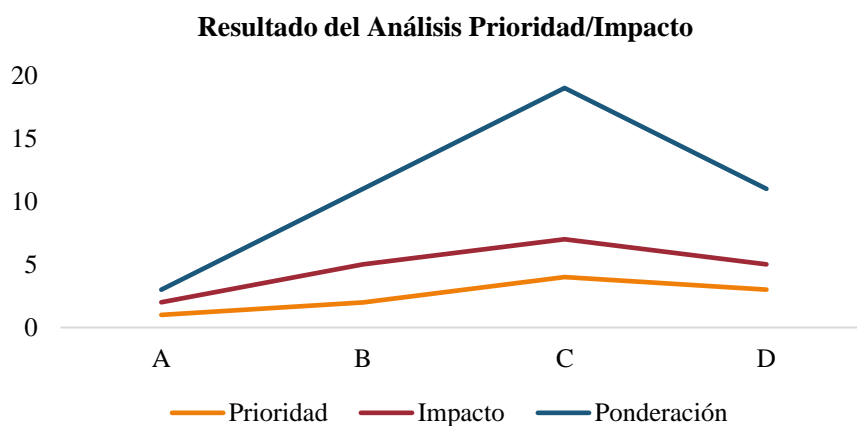
Fuente: Elaboración Propia

En la fase de Preparación se analizan los requerimientos de hardware, software, sistema y seguridad en cada servidor. Enfatizando en la compatibilidad entre ellos. La fase de Configuración inicia con el respaldo de la base de datos principal (a reflejar) y su restauración en el servidor espejo, para continuar la configuración del servidor espejo y testigo (opcional) se utiliza el asistente de seguridad de creación del reflejo de base de datos (véase Anexo 1). Por último, la fase de Validación consiste en verificar el correcto funcionamiento de la tecnología simulando una falla y contrastando el comportamiento de los servidores configurados en la misma.

4. Resultados

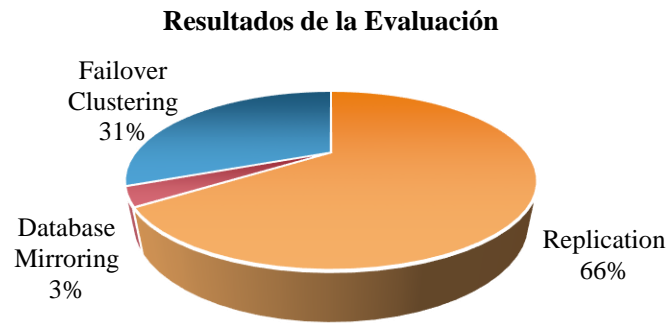
Durante nuestra metodología se aporta un esquema para calcular el valor porcentual de disponibilidad y conocer si se requiere alguna estrategia de Disponibilidad. Exhibiendo el caso de estudio de la aplicación web BITA, se contribuye con el análisis y evaluación de las principales tecnologías de disponibilidad de Microsoft SQL especificando cuatro factores críticos de su implementación. La Gráfica 2.1 muestra el resultado del análisis Prioridad/Impacto/Ponderación obtenidos en la Tabla 2.6 para cada Factor crítico de análisis de las estrategias de disponibilidad analizadas.

Gráfico 2.1 Factores críticos evaluados



Fuente: Elaboración Propia

Además, partiendo de las estrategias mencionadas en la Tabla 2.3 y consolidando la información del análisis realizado en la Tabla 2.7, la Gráfica 2.2 muestra los porcentajes de evaluación resultado por cada estrategia de disponibilidad analizada. Se puede visualizar que la Tecnología Espejo sólo tiene un 3% de impacto negativo de acuerdo con los cuatro factores críticos definidos en nuestro estudio. El Clúster un 31% y la replicación un 66%. Por lo cual es la tecnología implantada para el caso de estudio de la aplicación web BITA.

Gráfico 2.2 Resultado de la evaluación de las Estrategias de Disponibilidad en SQL

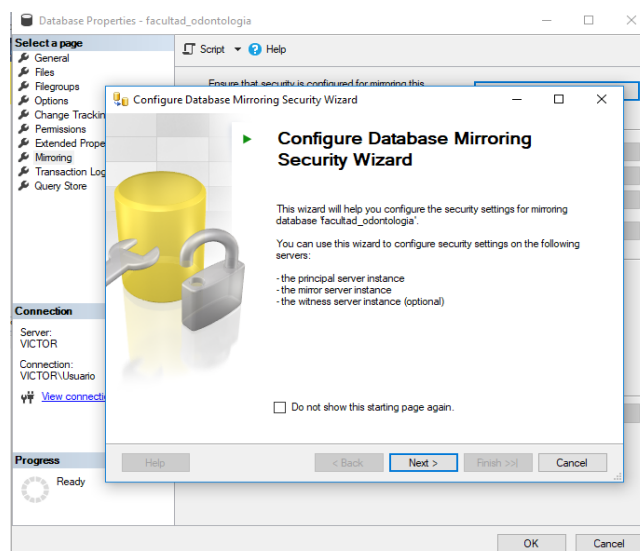
Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar, siguiendo el esquema propuesto en la Figura 2.4 se logra implantar exitosamente (véase Anexo 2) la tecnología espejo en el sistema gestor de base de datos Microsoft SQL 2016. La implementación de la tecnología espejo en el caso de estudio de la aplicación web BITA ofrece los beneficios siguientes:

- Aumenta la disponibilidad de la Base de datos
- Protege los datos, ya que existe una réplica idéntica de la base de datos.
- La configuración de la Tecnología se realiza dentro del propio sistema gestor de base de datos, sin necesidad de un pago adicional u otra herramienta.
- No existe un costo adicional por el uso de la Tecnología Espejo.
- No se requiere de un personal especializado.

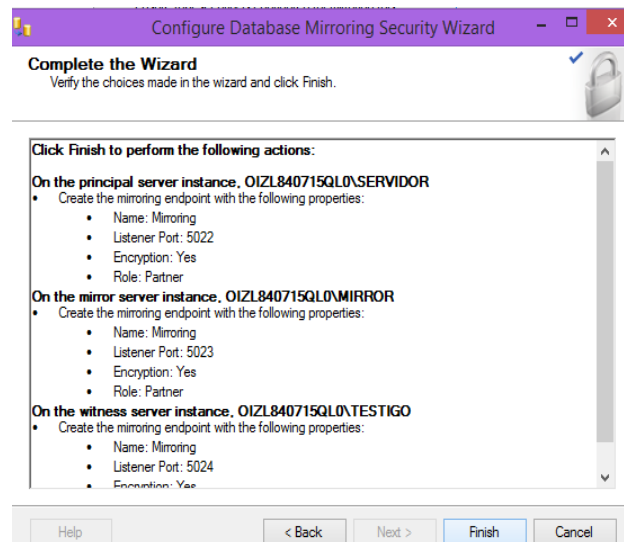
A pesar de que la tecnología espejo es una solución de alta disponibilidad viable y puede usarse en ambientes productivos, existen numerosas alternativas a considerar y evaluar antes de elegir una estrategia tecnológica a implementar dependiendo de los requerimientos propios de cada caso. La Tecnología de Espejo no es propia de Microsoft SQL Server, en el presente estudio se emplea dicho sistema gestor por ser el recurso disponible con el que cuenta la Institución para el caso de estudio en particular.

5. Anexos

Figura 2.5 El Asistente de Seguridad de creación de Reflejo de la base de datos en Microsoft SQL Server 2016

Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.6 Resumen de la Configuración de la Tecnología Espejo con Alta Disponibilidad en Microsoft SQL Server 2016



Fuente: Elaboración Propia

6. Agradecimiento

Un agradecimiento al apoyo otorgado por la Universidad Autónoma de Campeche, al director de la Facultad de Odontología, M. en C. Juan Ricardo Oliva Luna y al director de la Facultad de Ingeniería, M.C.C. Guadalupe Manuel Estrada Segovia. De igual manera, a la Coordinadora de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales, la Mtra. Nancy Georgina Ortiz Cuevas, por las facilidades para el uso de equipo y manejo de herramientas tecnológicas del área afín. Y, por último, enaltecer la dedicación y participación de los alumnos que formaron parte del equipo de trabajo para la implementación de la aplicación web BITA.

7. Conclusiones

En el presente artículo se ha exhibido una Tecnología de Alta Disponibilidad usando el sistema gestor de base de datos Microsoft SQL Server 2016. Hoy en día, diferentes circunstancias ponen en riesgo latente la consistencia y disponibilidad de las bases de datos, siendo esto una justificación suficiente para ocuparse en implementar tecnologías que permitan sobreponerse a daños o fallas en cualquier momento. Mediante el empleo de un caso de estudio se ilustra cómo implementar la Tecnología Espejo (Mirroring) usando la configuración con la presencia de un Servidor Testigo, capaz de funcionar automáticamente ante un fallo haciendo posible que la operatividad de la base de datos no se detenga. Es necesario analizar las tecnologías existentes de alta disponibilidad y valorar las ventajas y desventajas que poseen para elegir la que mejor se adapte a las necesidades propias de cada empresa. Existe un amplio campo de investigación a futuro con el surgimiento de nuevas tecnologías e incluso, con el uso de diferentes sistemas gestores de bases de datos no incluidos en el presente estudio.

8. Referencias

Chávez, E., Hermosa, E., & Villacís, C. (2016). Generador de Código Fuente para Gestión de Información de MySQL, SQL Server y Access para JAVA, PHP y ASP. *GEEKS DECC-REPORTS*, 4(1).

Dumler, M. (2007). Microsoft SQL Server 2008 Product Overview.

Gabillaud, J. (2015). *SQL Server 2014: Administración de una base de datos transaccional con SQL Server Management Studio*. Ediciones ENI.

GuilleSQL. (12 de junio de 2018). Obtenido de GuilleSQL.es: http://www.guillesql.es/Articulos/Database_Mirroring_SQL_Server_2005_2008_Como_Configurar.aspx

Hayat, Z., & Soomro, T. R. (2018). Implementation of Microsoft SQL Server using 'AlwaysOn' for High Availability and Disaster Recovery without Shared Storage. *International Journal of Experiential Learning & Case Studies*, 3(1), 09-17.

Lanting, E. (2014). *SQL Server 2012 DBA Recipes*.

Microsoft. (20 de junio de 2018). Obtenido de microsoft.com: <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/database-engine/database-mirroring/prepare-a-mirror-database-for-mirroring-sql-server?view=sql-server-2017#PrepareToRestartMirroring>

Microsoft. (10 de junio de 2018). Obtenido de microsoft.com: <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/database-engine/database-mirroring/setting-up-database-mirroring-sql-server?view=sql-server-2017>

Mistry, R., & Misner, S. (2012). *Introducing Microsoft SQL Server 2012*. Redmond, Washington: Microsoft Press.

Mistry, R., & Seenarine, S. (2012). *Microsoft SQL Server 2012 Management and Administration*. Sams Publishing.

Petkovic, D. (2012). *Microsoft SQL Server 2012: A Beginner's Guide*. McGraw-Hill.

Rizzo, T., Machanic, A., Skinner, J., Davidson, L., Dewson, R., Narkiewicz, J., ... & Walters, R. (2006). Database Mirroring. *Pro SQL Server 2005*, 567-607.

Sack, J. (2006). Database Mirroring. *SQL Server 2005 T-SQL Recipes: A Problem-Solution Approach*, 595-614.

Sharma, A. B., Mishra, D. R., & Kumar, S. (2015). *U.S. Patent No. 8,930,395*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Varga, S., Cherry, D., & D'Antoni, J. (2016). *Introducing Microsoft SQL Server 2016*. Redmond, Washington: Microsoft Press.

Thomas, O., & Ward, P. (2012). *Training Kit Exam 70-462: Administering Microsoft® SQL Sever® 2012 Databases*. Microsoft Press.