

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
SANTIAGO - CHILE



“PROCEDIMIENTO ETL SOBRE LOS REGISTROS DE  
ACTIVIDAD DE LOS TELESCOPIOS UT DEL  
OBSERVATORIO PARANAL PARA LA GENERACIÓN DE  
DATASETS DEL SISTEMA DE ÓPTICA ACTIVA DE LOS  
ESPEJOS M1.”

IGNACIO ORTIZ VALDEBENITO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Profesor Guía: Pedro Toledo Correa  
Profesor Correferente: Jose Luis Martí Lara

Diciembre - 20XX

## **GLOSARIO**

Aquí se deben colocar las siglas mencionadas en el trabajo y su explicación, por orden alfabético. Por ejemplo:

VLT: Very Large Telescope.

UT: Unitary Telescope.

AT: Auxiliary Telescope.

VLTi: Very Large Telescope Interferometer.

VISTA: Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy.

VST: VLT Survey Telescope.

ESO: European Southern Observatory.

M1: Espejo Primario

## CAPÍTULO 1

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1. DEFINICIÓN

Actualmente, en el VLT del Observatorio Paranal, no existe un procedimiento que permita extraer un set de datos estructurados desde los logs de los UTs.

Esto se debe a que los datos retornados por el sistema de Óptica Activa usan un formato abstracto y poco estructurado. Esto también aplica para los logs retornados durante las operaciones dentro del sistema. Además, estos logs registran todas las actividades y factores presentes durante la operación de los UTs en una noche, generando archivos de gran tamaño con información muy variada.

Estos factores imposibilitan el análisis de la información dispuesta en dichos logs, ya que el costo para reordenar y organizar los datos acorde a lo necesitado supera los beneficios del análisis mismo. A partir del análisis de estos datos, se podría extraer información útil para el diseño de sistemas para la asistencia y mejora de las operaciones de los UTs.

#### 1.2. CONTEXTO

El VLT es uno de los telescopios ópticos más avanzados del mundo, compuesto de 4 UTs, 4 ATs, el VLTI, 1 VISTA y 1 VST [ESO, 2023a]. Perteneciente a la ESO, el observatorio se ubica en el Cerro Paranal en el Norte de Chile, y se dedica principalmente a la búsqueda y estudio de galaxias y otras estructuras interestelares [ESO, 1998]. Para cumplir con estos objetivos, el VLT debe cumplir con altos estándares tecnológicos, con tal de cumplir la visión de avanzar el entendimiento del Universo mediante la disposición de instalaciones de clase mundial [ESO, 1998]. Dicha responsabilidad recae principalmente en los UTs.

Los UTs son telescopios con una lente principal de 8.2 metros de diámetro cada uno. Cada UT se compone de tres elementos; el M1, el M2 y el M3. Estos componentes están colocados sobre una montura altazimutal, esto es, una montura que permite la rotación del telescopio en dos ejes perpendiculares: uno vertical y uno horizontal. [ESO, 2011b]

El M1 es de la lente principal, de forma cóncava, la cual a su vez está compuesta de lentes más pequeñas, distribuidas en forma de dona. Bajo M1 se encuentran 150 actuadores de fuerza axiales; estos son, propulsores hidráulicos y/o neumáticos, donde cada actuador se encuentra debajo de una lente pequeña respectiva. Estos actuadores dan a M1 una determinada forma óptica, determinada por el patrón de fuerza presentado por los actuadores [ESO, 1998].

El M2 consiste de una lente de 0.9 metros de diámetro, montada a una distancia de aproximadamente 12.3 metros de M1 a lo largo del eje azimutal, con la lente de M2 apuntando hacia M1. M2 está además montado sobre un mecanismo electromecánico que sujeta y controla su inclinación [ESO, 2011b].

El M3 consiste de una lente elíptica de 1.24 metros de diámetro mayor con 0.86 metros de diámetro menor. Este se ubica dentro de una torre, posicionada en el orificio central del M1. Este puede rotar alrededor de su eje azimutal [ESO, 2011a].

Los UTs pueden trabajar solos o en conjunto; este último modo es llevado a cabo por el VLTi, el cuál recombina la luz obtenida por cuatro telescopios (los cuales pueden ser UTs y/o ATs) de forma simultánea, usando una serie de instrumentos, cada uno encargado de recombinar secciones específicas del espectro electromagnético, usando la Transformada de Fourier en las imágenes obtenidas. Con este sistema, el diámetro total disponible para captar luz es igual a distancia entre los telescopios [ESO, 2023b].

La forma en la que el UT capta la luz esta reflejada en el Anexo 1. Primero, la luz es captada por M1, el cuál gracias a su forma redirige la luz a M2. Luego M2 vuelve a redirigir la luz a M3, el cuál redirige la luz a un punto focal. Desde este punto focal, la luz es procesada por un sensor de frente de onda Shack-Hartmann, y luego estos datos son procesados por un computador central [ESO, 1998].

Al final de este procedimiento, el computador puede detectar aberraciones en la imagen. Esto se detecta usando la imagen de una estrella, desde ahora denominada Estrella Guía, y analizando el offset de dicha Estrella en la imagen usando una prueba polinomial quasi-Zernike. A partir de dicho offset, el sistema cambia la forma óptica de M1, redistribuyendo el patrón de fuerza a lo largo de los acutadores axiales bajo M1 [Wilson *et al.*, 1987].

Una vez terminado este reajuste, se vuelve a captar una imagen de la Estrella Guía y se repite este procedimiento hasta alcanzar una imagen con calidad óptima.

El procedimiento descrito anteriormente se denomina Óptica Activa [ESO, 1998].

La Óptica Activa permite mitigar las aberraciones y degradación en la calidad de imagen causada por factores como distorsiones térmicas, turbulencia atmosférica, deformación de espejo por ráfagas de viento, errores de manufactura y mantenimiento del telescopio, entre otros. La Óptica Activa está presente en los M1 de todos los UTs, sin embargo otros instrumentos también pueden disponer de este sistema. Para el caso de esta memoria, se tomará en cuenta solo la Óptica Activa para M1, los cuales principalmente se encargan de compensar las aberraciones de baja frecuencia [Wilson *et al.*, 1987].

### **1.3. ACTORES INVOLUCRADOS**

Los actores involucrados en el problema corresponden a los elementos participantes en el sistema de Óptica Activa del telescopio VLT, más específicamente la célula M1, los sensores de frente de onda Shack-Hartmann y el software de control que almacena y analiza los logs y los datos entregados por los sensores [ESO, 2011c].

### **1.4. OBJETIVOS Y ALCANCE**

El objetivo detrás de la solución busca desarrollar un procedimiento para extraer los datos no estructurados, transformarlos en datos estructurados, y disponerlos para distintos modelos y sistemas que busquen analizar dichos datos con diversos fines, como por ejemplo mantenimiento o técnicas de softcomputing.

Para el caso específico de esta memoria, se tendrá como sistema final de análisis al modelo Neural M1: una red neuronal que es entrenada con datos relacionados al sistema de Óptica Activa, con el propósito de modelar y predecir la operación de dicho sistema durante una noche.

## CAPÍTULO 2

### MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1. TELESCOPIO VLT

El VLT, sigla para “Very Large Telescope”, es un telescopio ubicado en el Cerro Paranal a 2635 metros de altura, como parte de la “European Southern Observatory” (o conocida por su sigla ESO). Los fines bajo los cuáles se construyó el VLT corresponden a los siguientes [ESO, 1998]:

- El mayor área de colecta posible, según los recursos disponibles.
- La mayor cobertura de longitud de onda, con tal de explotar completamente todas las ventanas atmosféricas.
- Máxima flexibilidad y amplia diversificación instrumental, permitiendo múltiples usos de las instalaciones, incluyendo observaciones simultáneas de múltiples longitudes de onda.
- Capacidad limitada por la difracción de la mayor línea de base posible.
- Optimización de los procedimientos de operaciones científicas, con tal de permitir la explotación, completa y en tiempo real, de la calidad astronómica del sitio y garantizar un máximo retorno científico.

El VLT se compone de una red de 4 telescopios principales idénticos, denominados como “Unitary Telescopes” (o por sus siglas UT), 4 telescopios auxiliares, denominados como “Auxiliary Telescopes” (o por sus siglas AT), el Interferómetro VLT (por sus siglas en inglés VLTI), 1 VISTA y 1 VST.

Cada UT posee un espejo principal (denominado M1) de forma cóncava con 8,2 metros de diámetro, instalado en un montura de 22 metros de largo, 10 metros de ancho y 20 metros de alto. Dicha montura permite al espejo moverse según un eje de coordenadas horizontal, esto es, según azimut (eje horizontal) y altitud (eje vertical) [ESO, 1998].

El M1 está compuesto de lentes más pequeñas, distribuidas en forma de dona. Bajo M1, repartidos en 6 anillos concéntricos, se encuentran 150 actuadores de fuerza axiales; estos son, propulsores hidráulicos y/o neumáticos, donde cada actuador se encuentra debajo de una lente pequeña respectiva. Estos actuadores dan a M1 una determinada forma óptica, determinada por el patrón de fuerza presentado por los actuadores [ESO, 1998].

El M2 consiste de una lente de 0.9 metros de diámetro, montada a una distancia de aproximadamente 12.3 metros de M1 a lo largo del eje azimutal, con la lente de M2 apuntando

hacia M1. El M2 además está montado sobre un mecanismo electromecánico que sujeta y controla su inclinación [ESO, 2011b].

El M3 consiste de una lente elíptica de 1.24 metros de diámetro mayor con 0.86 metros de diámetro menor. Este se ubica dentro de una torre, posicionada en el orificio central del M1. Este puede rotar alrededor de su eje azimutal [ESO, 2011a].

Los ATs son telescopios con lentes de 1,8 metros de diámetro, encargados de complementar la luz obtenida por los UTs cuando operan bajo el VLTi.

El VLTi corresponde al arreglo de los UTs y ATs funcionando de forma coordinada, recombinando la luz obtenida por cuatro telescopios (los cuales pueden ser UTs y/o ATs) de forma simultánea, cada uno encargado de recombinar secciones específicas del espectro electromagnético. Con este sistema, el diámetro total disponible para captar luz es igual a distancia entre los telescopios [ESO, 1998].

## 2.2. SISTEMA DE ÓPTICA ACTIVA

La Óptica Activa es un sistema integrado en el M1, encargado de corregir las aberraciones y degradación en la calidad de imagen generadas por las ópticas del espejo [ESO, 1998].

Estas aberraciones suelen ser causadas por la sensibilidad de este a perturbaciones ambientales, como las distorsiones térmicas, turbulencia atmosférica, deformación de espejo por ráfagas de viento, errores de manufactura y mantenimiento del telescopio, entre otros. Esta sensibilidad a su vez es causada por la baja proporción entre el grosor y el diámetro del espejo [Wilson *et al.*, 1987].

El ciclo básico del sistema de Óptica Activa se ilustra en la imagen del Anexo 1.

El sensor de frente de onda Shack-Hartmann toma una estrella desde el cielo y la usa como referencia offset, con la cuál monitorea constantemente la calidad óptica de la imagen mediante análisis. Cuando se calcula una desviación considerable de la imagen de su calidad óptima, se descompone dicha desviación en contribuciones ópticas simples (grados de astigmatismo, desenfoque, entre otros.) y posteriormente calcula las correcciones al patrón de fuerza presente en los actuadores de fuerza de M1 [ESO, 1998]. Este nuevo patrón de fuerza cambia la forma de M1, con la cuál se obtiene una nueva calidad de la imagen captada. Luego, con esta imagen, el sensor de frente de onda Shack-Hartmann vuelve a calcular la desviación a la calidad óptima, y si la desviación calculada es considerable, se repite el proceso hasta que se logre la calidad óptima [ESO, 1998] [Wilson *et al.*, 1987].

## **2.3. SENSOR DE FRENTE DE ONDA**

Un sensor de frente de onda es un dispositivo electrónico diseñado para capturar los frentes de onda de una fuente, ya sea en el espectro visible o en infrarrojo. El VLT usa CCD Shack-Hartmann como sensores de frente de onda, con cada UT poseyendo uno en un brazo mecánico específico para los sensores. [ESO, 1998]

El objetivo del uso de sensores Shack-Hartmann es la medición de distorsiones del frente de onda capturado desde la fuente, sobre las cuáles se realiza el proceso de Óptica Activa. [ESO, 1998]

## **2.4. NEURAL M1**

Neural M1 es una red neuronal diseñada para modelar el sistema de Óptica Activa de un UT durante una noche. Este modelado se realiza con la intención de poder predecir el desarrollo de la Óptica Activa en base a un número inicial de instancias de corrección de fuerzas.

Para lograr tal cometido, el modelo debe ser entrenado con datos sobre las instancias de corrección de fuerzas durante la Óptica Activa, donde cada instancia va antecedida por una imagen tomada por el sensor de frente de onda y por la distribución de fuerzas en los actuadores, y seguida por otra imagen tomada luego de la corrección y la distribución de fuerzas tras la corrección de las mismas.

## **2.5. LOGS**

Logging se refiere al proceso de registrar diferentes eventos y actividades que ocurren dentro de un sistema de software [Jayathilake, 2011]. Estos registros suelen almacenarse en archivos para su posterior análisis, tanto por parte de desarrolladores como de operadores externos.

Los registros de log son los único tipo de datos que registran, valga la redundancia, información de la operación interna de un sistema de software, por lo que su rol en la industria es importante [Ma y Sun, 2023].

## **2.6. ANÁLISIS DE LOGS**

Originalmente, el análisis de registros de logs era realizado por desarrolladores con el fin de trazar el flujo de ejecución del sistema de software, identificar excepciones y potenciales errores. [Jayathilake, 2011]



Actualmente este enfoque se ha expandido a casos de uso en otros servicios en la industria [Ma y Sun, 2023], debido a que, por la naturaleza de la información contenida en los registros de log, su análisis permite a los operadores detectar, diagnosticar e incluso predecir errores que puedan afectar la disponibilidad y el rendimiento del sistema de software [Jayathilake, 2011].

Ejemplos de estos nuevos casos de uso incluye suplementar información para la detección de intrusiones en redes, recopilación de logs de gran tamaño en forensia digital, entre otros. [Ma y Sun, 2023]

En el pasado, durante la prevalencia del enfoque original, el análisis de registros de log era realizado aplicando revisiones visuales y reglas construidas manualmente. Sin embargo, la complejidad de los sistemas de software actuales ha llevado a la complejización de sus respectivos registros de logs, por lo que ya no es posible depender solamente de los métodos anteriormente mencionados. [Ma y Sun, 2023]

Por esto, en los últimos años se ha desarrollado ampliamente el área del análisis automatizado de registros de logs, mejorando su eficiencia y exactitud mediante la aplicación de tecnologías distribuidas y técnicas de machine learning. [Ma y Sun, 2023]

## 2.7. ESTRUCTURACIÓN DE LOGS

Los registros de logs generalmente poseen una composición demasiado compleja como para ser interpretada de forma directa y manual; sin el acceso de conocimiento profesional, es difícil seleccionar de forma manual las reglas apropiadas para la comprensión de los registros de log [Ma y Sun, 2023]. Por esta condición es que se refiere a que los registros de log sean “No Estructurados” o “Semi Estructurados”.

Además, el gran tamaño de los archivos de log promedio también se vuelve un problema para el análisis manual de los registros de log [Ma y Sun, 2023].

Debido a esto, durante los últimos años, se han desarrollado herramientas, procedimientos y frameworks para el análisis automático de registros de log, y una parte considerable de los esfuerzos realizados se enfocan en la “Estructuración” de los registros de log.

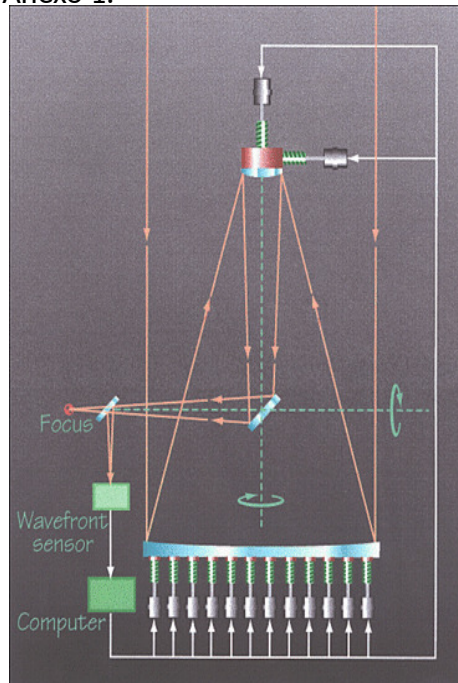
Actualmente, el workflow de análisis automático de registros de log se divide en 2 etapas centrales [Ma y Sun, 2023]:

- Log Parsing: Se toman los registros semi-estructurados de log y se generan plantillas a partir de estos. Una plantilla es una sentencia estructurada que se repite entre varios registros de log, dividiéndose en tokens estáticos y valores dinámicos. [Ma y Sun, 2023]
- Feature Extraction: Se aplican las plantillas generadas sobre los registros de log para

obtener las características, esto es, las variables dinámicas, de los mismos. [Ma y Sun, 2023]

## ANEXOS

- Anexo 1:



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ESO, 1998] ESO (1998). *The VLT White Book*, volumen 1. ESO.
- [ESO, 2011a] ESO (2011a). The m1 cell and m3 tower. <https://www.eso.org/sci/facilities/paranal/telescopes/ut/m1cellm3.html>.
- [ESO, 2011b] ESO (2011b). The secondary mirror, m2 unit. <https://www.eso.org/sci/facilities/paranal/telescopes/ut/m2unit.html>.
- [ESO, 2011c] ESO (2011c). The vlt active optics system. <https://www.eso.org/sci/facilities/paranal/telescopes/ut/actopt.html>.
- [ESO, 2023a] ESO (2023a). Paranal telescopes. <https://www.eso.org/sci/facilities/paranal/telescopes.html>.
- [ESO, 2023b] ESO (2023b). The very large telescope interferometer. <https://www.eso.org/sci/facilities/paranal/telescopes/vlti.html>.
- [Jayathilake, 2011] Jayathilake, P. W. D. C. (2011). A novel mind map based approach for log data extraction. (6).
- [Ma y Sun, 2023] Ma, J., L. Y. W. H. y Sun, G. (2023). Automatic parsing and utilization of system log features inlog analysis: A survey. (21).
- [Wilson et al., 1987] Wilson, R. N., Franza, F., y Noethe, L. (1987). Active optics i. a system for optimizing the optical quality and reducing the costs of large telescopes. 34(4):485–509.